



SKRIPSI – TK091383

**PRODUKSI *BIOFUEL* MELALUI PROSES
HYDROCRACKING MINYAK BIJI KAPUK
RANDU MENGGUNAKAN KATALIS Zn-
Mo/HZSM-5**

Varantika Eka Pramesti
2312 100 082

Muhammad Faishal Razin
2312 100 102

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002

Dosen Pembimbing II
Ir. Ignatius Gunardi, MT
NIP. 1955 09 21 1984 03 1001

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



SKRIPSI – TK091383

**PRODUKSI *BIOFUEL* MELALUI PROSES
HYDROCRACKING MINYAK BIJI KAPUK
RANDU MENGGUNAKAN KATALIS Zn-
Mo/HZSM-5**

**Varantika Eka Pramesti
2312 100 082**

**Muhammad Faishal Razin
2312 100 102**

**Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**Dosen Pembimbing II
Ir. Ignatius Gunardi, MT
NIP. 1955 09 21 1984 03 1001**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

(Halaman ini Sengaja Dikosongka)



FINAL PROJECT – TK091383

**HYDROCRACKING OF KAPOOK SEED OIL
WITH Zn-Mo/HZSM-5 CATALYST TO
PRODUCE BIOFUEL**

**Varantika Eka Pramesti
2312 100 082**

**Muhammad Faishal Razin
2312 100 102**

**Advisor I
Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**Advisor II
Ir. Ignatius Gunardi, MT
NIP. 1955 09 21 1984 03 1001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PRODUKSI BIOFUEL MELALUI PROSES HYDROCRACKING MINYAK BIJI KAPUK RANDU MENGUNAKAN KATALIS $Zn-Mo/HZSM-5$



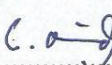


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan
Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

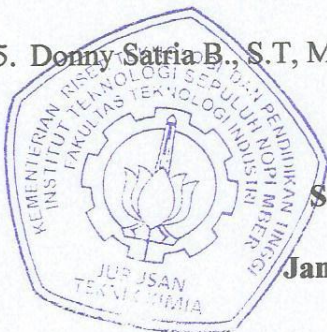
Oleh :

Varantika Eka Pramesti
M. Faishal Razin

NRP 2312 100 082
NRP 2312 100 102

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA  (Pembimbing I)
2. Ir. Ignatius Gunardi, M.T  (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Kuswandi, DEA  (Penguji I)
4. Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng  (Penguji II)
5. Donny Satria B., S.T, M.Sc.Adv  (Penguji III)



Surabaya

Januari, 2017

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

“Produksi *Biofuel* Melalui Proses *Hydrocracking* Minyak Biji Kapuk Randu Menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5”

Abstrak

Sumber energi alternatif terbarukan sangat diperlukan pada masa kini, sebab penggunaan sumber energi fosil tidak dapat menjadi andalan untuk masa depan. Salah satu sumber energi alternatif yang menjanjikan adalah *biofuel*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari cara pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5 dengan menggunakan metode *incipient wetnes impregnation*, mengetahui pengaruh perbandingan Zn-Mo yang di impregnasikan pada HZSM-5 terhadap aktivitas katalis, pengaruh % *loading* Zn-Mo terhadap katalis total serta pengaruh suhu reaksi yang digunakan terhadap yield biofuel dengan proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu.

Variabel yang digunakan adalah suhu reaksi *hydrocracking* (300, 325, 350, 375, 400), *loading* Zn-Mo terhadap katalis total (5% dan 10%) serta perbandingan logam Zn dan Mo (1:1 dan 1:2). Volume minyak biji kapuk randu yang digunakan adalah 200 mL dengan katalis sebanyak 1 gram. Adapun tahap penelitiannya terdiri dari 3 tahap, yaitu (1) pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5, (2) karakterisasi katalis dan (3) proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan didapatkan nilai *yield gas oil* dan *kerosene* terbanyak pada variabel Zn-Mo/HZSM-5 10% 1:1 pada suhu *hydrocracking* 400°C sebesar 30,138% dan 11,127%. Untuk *yield gasoline* pada variabel Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% sebesar 1,237% pada suhu *hydrocracking* 400°C.

Kata kunci : biofuel, minyak biji kapuk randu, katalis Zn-Mo/HZSM-5

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

“Hydrocracking of Kapook Seed Oil With Zn-Mo/HZSM5 Catalyst To Produce Biofuel”

Abstract

The renewable energy sources are necessary for now, because the using of fossil energy sources is no longer preferred for the future. One of the other promising alternatives is biofuel. The aims of this study is to learn how to manufacture a Zn-Mo/HZSM-5 catalyst by using wetness impregnation method, studied the effect of Zn-Mo ratio is impregnated on HZSM-5 to the total catalyst used in the production of biofuels with hydrocracking process, the effect of % Zn-Mo loading of the total catalyst and the effect of temperature reaction used in the biofuel yield from hydrocracking process of kapook seed oil.

The variables used were temperature of hydrocracking reactions (300, 325, 350, 375, 400), Zn-Mo loading of the catalyst (5% and 10%), and the ratio of total metal Zn:Mo (1:1 and 1:2). We used 200 mL of kapook seed oil with 1 gram catalyst. This research have 3 step, (1) catalyst modification, (2) catalyst analysis, and (3) hydrocracking process of kapook seed oil. The final result of this experiment given values of yield. The biggest yield of gas oil is 30,138% using variable Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10% at temperature of hydrocracking is 400°C. Meanwhile, the most optimum yield of kerosene is 11,127% using variable Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10% at temperature of hydrocracking is 400°C and for yield of gasoline is 1,273% using variable Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% at temperature of hydrocracking is 400°C.

Key words: biofuel, kapook seed oil, Zn-Mo/HZSM-5 catalyst

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul ”Produksi *Biofuel* melalui proses *Hydrocracking* Minyak Biji Kapuk Randu menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5”.

Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA selaku dosen pembimbing satu atas pengarahan dan saran yang telah diberikan.
2. Ir. Ignatius Gunardi, MT selaku dosen pembimbing dua atas pengarahan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Juwari, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
4. Dr. Siti Machmudah, ST. MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
5. Dr. Lailatul Qadariyah, ST. MT. selaku Koordinator Program Studi S1 Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
6. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. selaku Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.
7. Bapak dan Ibu dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia.
8. Orang Tua dan keluarga kami yang telah banyak memberikan dukungan baik moral maupun spiritual.
9. Rekan-rekan mahasiswa di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, mahasiswa Teknik Kimia 2012, dan semua pihak yang telah memberikan dukungan moril dan partisipasinya sehingga terselenggaranya laporan ini.

Akhirnya, semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2017

Penyusun

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

SKRIPSI – TK091383	i
SKRIPSI – TK091383	iii
FINAL PROJECT – TK091383.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
Abstrak.....	ix
Abstract.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	4
I.3 Batasan Masalah	5
I.4 Tujuan Penelitian	5
I.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Lemak dan Minyak	7
II.2 Minyak Biji Kapuk Randu	7
II.3 Perengkahan (<i>Cracking</i>) Minyak Nabati	9
II.3.1 Perengkahan Termal (<i>Thermal Cracking</i>)	10
II.3.2 Perengkahan Katalitik (<i>Catalytic Cracking</i>).....	10
II.3.3 Perengkahan Hidro (<i>Hydrocracking</i>).....	10
II.4 Metode Impregnasi.....	13
II.5 Katalis dan Material Pendukung	13
II.5.1 Penggolongan Katalis	14
II.5.2 Karakteristik Katalis Zn-Mo/HZSM-5.....	15
II.6 <i>Biofuel</i>	19
II.7 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
III.1 Bahan dan Alat.....	25
III.2 Parameter yang Digunakan	27
III.2.1 Parameter Tetap	27
III.2.2 Parameter Berubah.....	27
III.3 Parameter yang Dianalisa.....	27

III.3.1 Bahan Baku Minyak Biji Kapuk Randu	27
III.3.2 Katalis Zn-Mo/HZSM-5	27
III.3.3 Produk <i>Biofuel</i>	27
III.4 Diagram Alir Penelitian.....	28
III.4.1 Pembuatan Katalis	29
III.4.2 <i>Catalytic Hydrocracking</i> Minyak Biji Kapuk Randu 31	
III.5 Prosedur Penelitian.....	31
III.5.1 Pembuatan Katalis	31
III.5.2 Karakterisasi Katalis.....	32
III.5.3 Proses <i>Catalytic Hydrocracking</i>	32
III.6 Teknik Analisis Data dan Penyimpulan	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
IV.1 Komposisi Minyak Biji Kapuk Randu	35
IV.2 Karakterisasi Katalis Zn-Mo/HZSM-5.....	37
IV.3 Analisa Produk <i>Biofuel</i>	44
IV.3.1 Pengaruh Suhu terhadap <i>Yield Biofuel</i>	45
IV.3.2 Analisa FTIR pada Produk <i>Biofuel</i>	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
V.1 Kesimpulan.....	53
V.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	lv
APPENDIKS A	A
APPENDIKS B	C
BIODATA PENULIS.....	AA
BIODATA PENULIS.....	CC
APPENDIKS	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Pohon kapuk randu dan (b) Biji kapuk randu	8
Gambar 2.2 Mekanisme reaksi <i>hydrocracking</i> minyak biji kapuk randu	11
Gambar 2.3 Skema reaksi untuk trigliserida menjadi hidrokarbon	12
Gambar 3.1 Peralatan kalsinasi	25
Gambar 3.2 Peralatan proses <i>hydrocracking</i>	26
Gambar 3.3 Diagram alir prosedur penelitian.....	28
Gambar 3.4 Diagram alir perubahan NH ₄ ZSM-5 menjadi HZSM-5.....	29
Gambar 3.5 Diagram alir prosedur preparasi katalis Zn-Mo/HZSM-5	30
Gambar 3.6 Diagram alir <i>catalytic hydrocracking</i> minyak biji kapuk randu.....	31
Gambar 4.1 Hasil analisa GC-MS minyak biji kapuk randu.....	35
Gambar 4.2 Hasil analisa EDX dari katalis (a)Zn-Mo(1:1)/HZSM-5 5% (b)Zn-Mo(1:2)/HZSM-5 5% (c)Zn-Mo(1:1)/HZSM-5 10% (d)Zn-Mo(1:2)/HZSM-5 10%	39
Gambar 4.3 Pola <i>X-Ray Diffraction</i> intensitas logam Zn, ZnO, Mo dan MoO ₂ dari katalis a) HZSM-5 , b) ZnMoZeol51 c) ZnMoZeol52 d) ZnMoZeol101 dan e) ZnMoZeol102	42
Gambar 4.4 Spektra GC-MS biofuel pada T=400°C dibawah kondisi tekanan 20 atm, waktu reaksi 2 jam dengan katalis ZnMoZeol51	45
Gambar 4.5 Grafik <i>yield biofuel</i> terhadap temperatur <i>hydrocracking</i> untuk katalis ZnMoZeol51	46
Gambar 4.6 Grafik <i>yield biofuel</i> terhadap temperatur <i>hydrocracking</i> untuk katalis ZnMoZeol52.....	46

Gambar 4.7 Grafik <i>yield biofuel</i> terhadap temperatur <i>hydrocracking</i> untuk katalis ZnMoZeo1101	47
Gambar 4.8 Grafik <i>yield biofuel</i> terhadap temperatur <i>hydrocracking</i> untuk katalis ZnMoZeo1102	47
Gambar 4.9 Grafik <i>yield biofuel</i> terhadap temperatur <i>hydrocracking</i> untuk katalis HZSM-5	49
Gambar 4.10 Spektra FTIR a) Minyak Biji Kapuk Randu b) Produk Biofuel pada 350°C menggunakan katalis ZnMoZeo151 c) Produk Biofuel pada 400°C menggunakan katalis ZnMoZeo151	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Biji Kapuk Randu	8
Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Biji Kapuk.....	9
Tabel 2.3 Perbandingan Proses Perengkahan.....	9
Tabel 2.4 Sifat unsur Mo	16
Tabel 2.5 Komposisi Zeolit Alam.....	17
Tabel 2.6 Hasil Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 4.1 Hasil Analisa Komposisi Minyak Biji Kapuk Randu	36
Tabel 4.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Kapuk Randu	36
Tabel 4.3 Sifat-sifat katalis Zn-Mo/HZSM-5 hasil analisa EDX	39
Tabel 4.4 Sifat-sifat katalis Zn-Mo/HZSM-5 hasil analisa BET	40
Tabel 4.5 Data <i>peak standard</i> Zn, ZnO, Mo, MoO ₂ , dan HZSM-5	43
Tabel 4.6 Data <i>peak</i> hasil analisa katalis Zn-Mo/HZSM-5...	43

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara merupakan sumber energi utama di Indonesia, akan tetapi sumber energi tersebut dapat merusak lingkungan termasuk pencemaran udara, emisi gas rumah kaca, dan pemanasan global. Permasalahan lain adalah tingginya harga bahan bakar fosil, kenaikan jumlah impor minyak bumi akibat konsumsi bahan bakar nasional, serta cadangan minyak bumi yang semakin menipis. Dalam energi mix nasional diketahui bahwa lebih dari 50% penggunaan energi nasional didominasi oleh bahan bakar fosil, oleh sebab itu pengembangan energi alternatif menjadi pilihan yang penting. Sudah saatnya semua negara memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan (Hambali, 2007).

Usaha mengurangi dampak negatif lingkungan hidup, dan pengembangan sumber energi alternatif termasuk bioenergi yang terus diupayakan dan dilakukan. Bioenergi adalah energi terbarukan yang berasal dari biomassa. Energi terbarukan dihasilkan dari sumberdaya yang tidak pernah habis, sumber energi terbarukan meliputi matahari, angin, bumi, air biomassa dan energi dari limbah (CADET, 1998).

Sejak tahun 2006, Indonesia memasuki era kebangkitan energi II, dengan pengembangan energi yang memprioritaskan ekspansi energi alternatif sebagai sumber energi, dan mengurangi penggunaan energi berbasis minyak bumi, melalui peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006, tentang kebijakan energi nasional. Pemerintah telah menetapkan bauran energi nasional tahun 2025 dengan peran minyak bumi sebagai energi, akan dikurangi dari 52% saat ini, hingga kurang dari 25% pada tahun 2025 (Hambali, 2007).

Makin menipisnya cadangan sumber energi fosil terutama minyak bumi memaksa pemerintah Indonesia dan masyarakat untuk mencari alternatif lain sebagai sumber energi.

Upaya pencarian, pengembangan, dan penggalian sumber energi alternatif harus mempertimbangkan faktor-faktor utamanya, yaitu energi, ekonomi dan ekologi, dengan kata lain sistem yang dikembangkan harus dapat memproduksi energi dalam jumlah yang besar, dengan biaya yang rendah serta mempunyai dampak terhadap lingkungan yang minimal. Salah satu alternatif yang mungkin memenuhi kriteria tersebut adalah pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar motor diesel pengganti bahan bakar minyak konvensional (Handoyo, 2007).

Terdapat 3 jenis *biofuel* yang dapat menggantikan BBM, yaitu : bioetanol, biodiesel, dan biomassa. Bioetanol sebagai pengganti minyak tanah. Dan biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan dan lemak hewan. (Hikmah dan Zuliyana, 2010)

Banyak orang melihat *biofuel* sebagai pengganti sempurna untuk bahan bakar fosil, karena *biofuel* lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. *Biofuel* baru-baru ini mendapatkan popularitas di berbagai belahan dunia. Ada tiga generasi *biofuel*: *biofuel* generasi pertama (terbuat dari gula, tepung, minyak makan, atau lemak hewan), *biofuel* generasi kedua (terbuat dari non-tanaman pangan), dan *biofuel* generasi ketiga (terbuat dari ganggang). Salah satu *biofuel* adalah biodiesel. Biodiesel memiliki beberapa keunggulan yaitu biodiesel tidak beracun, merupakan bahan bakar *biodegradable*, dapat membantu mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, dan meningkatkan keamanan dan kemandirian energi. Produksi dan penggunaan biodiesel melepaskan lebih sedikit emisi, sifat pelumas yang sangat baik dibandingkan dengan diesel konvensional serta tidak memiliki kandungan sulfur, sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap pembentukan hujan asam (DESDM, 2005).

Banyak ilmuwan mulai meneliti untuk mencari jenis energi baru yang murah, mudah serta ramah lingkungan untuk menggantikan sumber energi yang tersedia sekarang, yaitu dengan menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar karena penggunaan minyak nabati ini dapat mengurangi polusi udara di lingkungan. Sedangkan bahan bakar minyak bumi sendiri

tentunya menghasilkan banyak emisi gas buang yang berpotensi mencemari lingkungan.

Penggunaan limbah biomassa untuk memproduksi energi mampu mengurangi berbagai permasalahan manajemen polusi dan pembuangan, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Limbah biomassa di Indonesia cukup melimpah dan dapat diperbarui sehingga pengembangan biomassa sebagai sumber energi alternatif kini semakin digiatkan. *Biofuel* telah dikembangkan di banyak negara sebagai salah satu sumber energi untuk substitusi energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Brazil, Korea Selatan, India dan Jepang telah melakukan penelitian yang intensif untuk mengembangkan *biofuel*. Proses pembuatan *biofuel* selama ini dengan minyak tumbuhan menggunakan katalis homogen. Namun proses pembuatan *biofuel* secara konvensional ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya produk samping berupa sabun. Rumitnya pemisahan produk *biofuel* yang dihasilkan dengan katalis serta adanya limbah alkali yang tentunya memerlukan proses lebih lanjut.

Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak ($C_8 - C_{24}$). Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia dari minyak (Hambali, 2007).

Salah satu bahan potensial karena pemanfaatannya yang kurang maksimal yakni biji kapuk randu. Saat ini biji kapuk randu hanya digunakan sebagai campuran dalam pakan ternak. Kandungan minyak pada biji kapuk randu berkisar antara 25%-40% (Andaka, 2008). Menurut Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung Tri Prasetya (2012), minyak biji kapuk randu mudah tengik karena memiliki kandungan asam lemak tak jenuh sekitar 71,95% lebih tinggi dari minyak kelapa. Minyak yang

mudah tengik kurang baik apabila dikembangkan menjadi makanan, sehingga minyak biji kapuk randu sangat potensial apabila dikembangkan menjadi *biofuel*.

Indonesia memiliki lahan kapuk randu seluas 1.383,64 ha. Sebagian besar lahan tersebut berada di Pulau Jawa (Biro Pusat Statistik, 1995). Setiap pohon kapuk randu dewasa dapat menghasilkan antara 4.000-5.000 buah per tahun., sehinggaa dihasilkan biji kapuk randu sekitar 50 kg per tahun. Pohon kapuk randu telah dimanfaatkan untuk pembuatan peti kemas, triplek, *furniture* dan bahan baku pembuatan kasur tempat tidur, matras, dan sumber serat yang komersial, tetapi biji kapuk randu masih belum banyak dimanfaatkan. Biji kapuk randu yang kurang termanfaatkan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *biofuel*.

Lemak dan minyak dapat diperoleh dari ekstraksi jaringan hewan atau tanaman dengan tiga cara, yaitu *rendering*, pengepresan (*pressing*), atau dengan ekstraksi menggunakan pelarut (Winarno, 1992).

Pembuatan minyak biji kapuk randu menjadi *biofuel* dapat dilakukan melalui proses *hydrocracking* dengan menggunakan katalis *double promotor* Zn-Mo/HZSM-5.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5 dengan menggunakan metode *incipient wetnes impregnation*.
2. Bagaimana pengaruh perbandingan logam Zn-Mo yang di impregnasikan pada HZSM-5 terhadap aktifitas katalis.
3. Bagaimana pengaruh % *loading* Zn-Mo terhadap aktifitas katalis yang digunakan pada proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu.
4. Bagaimana pengaruh suhu reaksi proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu terhadap yield biofuel.

I.3 Batasan Masalah

1. Minyak nabati non pangan yang digunakan dalam proses produksi *biofuel* adalah minyak biji kapuk randu.
2. Produksi *biofuel* menggunakan metode *hydrocracking*.
3. Proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu menggunakan katalis Zn-Mo/HZSM-5 dengan variabel suhu reaksi dan rasio logam Zn-Mo yang diimpregnasikan pada HZSM-5.
4. Waktu reaksi proses *hydrocracking* untuk memproduksi *biofuel* adalah 2 jam.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Menempelajari prosedur pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5 untuk memperoleh sifat katalis yang baik dengan menggunakan metode *incipient wetnes impregnation*.
2. Mengetahui pengaruh perbandingan logam Zn-Mo yang diimpregnasikan pada HZSM-5 terhadap aktivitas katalis.
3. Mengetahui pengaruh % *loading* Zn-Mo terhadap katalis total yang digunakan pada proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu.
4. Mengetahui pengaruh suhu reaksi proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu terhadap yield *biofuel*.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi bahwa minyak kapuk randu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memperoleh *biofuel*.
2. Dapat memberikan metode sintesa katalis yang dapat digunakan untuk *hydrocracking* minyak biji kapuk randu.
3. Menghasilkan bahan bakar nabati (*biofuel*) yang ramah lingkungan.
4. Memberikan informasi tentang proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak adalah golongan lipida (latin yaitu *lipos* yang artinya lemak). Lipida larut dalam pelarut nonpolar dan tidak larut dalam air. Sifat kelarutan ini yang membedakan lipida dari golongan senyawa alam penting lain seperti protein dan karbohidrat yang pada umumnya tidak larut dalam pelarut nonpolar (Hart, 1990).

Lemak dan minyak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu lemak dan minyak juga merupakan sumber energi yang efektif, dimana satu gram minyak atau lemak dapat menghasilkan 9 kkal (Winarno, 1992).

Lemak merupakan bahan padat pada suhu ruang disebabkan kandungannya yang tinggi akan asam lemak jenuh yang tidak memiliki ikatan rangkap, sehingga mempunyai titik lebur yang tinggi, sedangkan minyak merupakan bahan cair pada suhu ruang disebabkan tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh, yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya, sehingga mempunyai titik lebur yang rendah (Winarno, 1992).

II.2 Minyak Biji Kapuk Randu

Kapuk randu atau kapuk (*Ceiba Pentandra*) adalah pohon tropis yang tergolong ordo *Malvales* dan famili *Malvaceae* (sebelumnya dikelompokkan ke dalam famili terpisah *Bombacaceae*), berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah dan Karibia. Kata “kapuk” atau “kapok” juga digunakan untuk menyebut serat yang dihasilkan dari bijinya. Pohon ini juga dikenal sebagai kapas Jawa atau kapok Jawa, atau pohon kapas-sutra. Daerah penghasil kapuk di Indonesia meliputi daerah DI.Aceh, Jambi, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sumatera Utara . Kapuk merupakan tumbuhan yang paling banyak dibudidayakan di hutan hujan di Asia, terutama di Jawa

(Indonesia), Filipina, Malaysia, Pulau Hainan di Cina maupun di Amerika Selatan.

Adapun hasil yang diambil dari tanaman ini adalah serat kapuknya, sedangkan biji kapuk belum banyak dimanfaatkan. Biji kapuk mengandung minyak yang dapat diambil dan dimanfaatkan sebagai produk yang bernilai tinggi. Penyusun utama minyak biji kapuk adalah trigliserida. Melalui proses transesterifikasi minyak biji kapuk diharapkan dapat diperoleh hasil berupa alkyl ester atau biodiesel dengan hasil samping gliserol (Andaka, 2008).



(a)



(b)

Gambar 2.1 (a) Pohon kapuk randu dan (b) Biji kapuk randu

Sumber: kapukrandukaraban-pati.blogspot.co.id dan
bisniskapuk.blogspot.com

Kandungan minyak pada biji kapuk sekitar 25% – 40%. Minyak biji kapuk memiliki 15-20% asam lemak jenuh dan 80-85% asam lemak tidak jenuh (Yuniwati, 2012).

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Biji Kapuk Randu

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Boilling point, °C	160
2	Flash point, °C	308
3	Specific gravity	0,9215
4	Bilangan peroksida, $\text{mg}_{\text{eq}}/\text{kg}$	93,287
5	Bilangan penyabunan	134,907
6	Asam lemak bebas, %	7,55
7	Kandungan abu, % berat	0,057

Sumber: Handoyo, 2007

Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Biji Kapuk

Asam Lemak	Struktur	Formula	Komposisi (% berat)
<i>Myristic</i>	14:0	$C_{14}H_{28}O_2$	0,10
<i>Palmitic</i>	16:0	$C_{16}H_{32}O_2$	22,60
<i>Stearic</i>	18:0	$C_{18}H_{36}O_2$	5,19
<i>Oleic</i>	18:1	$C_{18}H_{34}O_2$	30,14
<i>Linoleic</i>	18:2	$C_{18}H_{32}O_2$	37,45
<i>Arachidic</i>	20:0	$C_{20}H_{40}O_2$	1,68
<i>Behenic</i>	22:0	$C_{22}H_{44}O_2$	0,27
<i>Lignoceric</i>	24:0	$C_{24}H_{48}O_2$	1,47
Total			100

Sumber: Kathirvelu dkk, 2014

II.3 Perengkahan (*Cracking*) Minyak Nabati

Perengkahan (*cracking*) adalah suatu proses pemutusan senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrokarbon dengan rantai yang lebih pendek. Proses perengkahan menghasilkan senyawa seperti metan, etan, propan, butan, *gasoline*, *kerosene* serta diesel. Bahan baku yang biasa digunakan dalam proses perengkahan adalah minyak bumi atau residu (Clark, 2003).

Cleveland dan Szostak (2011) mengatakan bahwa proses perengkahan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *thermalcracking*, *catalytic cracking*, dan *hydrocracking* seperti terlihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan Proses Perengkahan

Proses Perengkahan	Kondisi Operasi	Katalis
Thermal Cracking	T = 800°C P = 700 kPa	Tanpa Katalis
Catalytic Cracking	T = 450-510°C P = 70 – 138 kPa	Umumnya Zeolit
<i>Hydrocracking</i>	T = 400-815°C P = 6895-13790 kPa	Zeolit dan Hidrogen

Sumber: Cleveland dan Szostak, 2014

II.3.1 Perengkahan Termal (*Thermal Cracking*)

Perengkahan termal adalah proses perengkahan minyak nabati yang menggunakan panas tanpa keberadaan katalis. Proses ini adalah cara paling sederhana untuk merengkah rantai hidrokarbon panjang menjadi lebih pendek. Kelemahan proses tanpa katalis ini adalah reaksi akan berjalan lambat dan rantai karbon bahan baku akan terengkah secara acak, sehingga selektivitasnya tidak dapat dikontrol, dan konversinya sangat rendah (Prasad dan Bakhshi, 1985).

II.3.2 Perengkahan Katalitik (*Catalytic Cracking*)

Proses perengkahan ini adalah proses perengkahan yang menggunakan katalis dan membutuhkan panas dalam jumlah lebih sedikit dibanding perengkahan termal. Proses ini menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik, tergantung pada jenis katalis yang digunakan. Dalam sejarah katalis, sintesa ZSM-5 oleh Mobil Oil menjadi terobosan yang penting karena katalis ini mempunyai keasaman dan selektivitas bentuk yang kuat.

II.3.3 Perengkahan Hidro (*Hydrocracking*)

Merupakan kombinasi dari perengkahan katalitik dan hidrogenasi. H_2 akan meminimalkan terbentuknya kokas (*coke*), sehingga umur katalis lebih panjang. *Hydrocracking* merupakan kombinasi antara *cracking* dan hidrogenasi untuk menghasilkan senyawa yang jenuh. Reaksi tersebut dilakukan pada tekanan tinggi dan suhu yang lebih rendah daripada *thermal cracking*. Keuntungan lain dari *hydrocracking* ini adalah bahwa reaksi berlangsung bertahap, mulai dari hidrogenasi hingga dilanjutkan proses *cracking*.

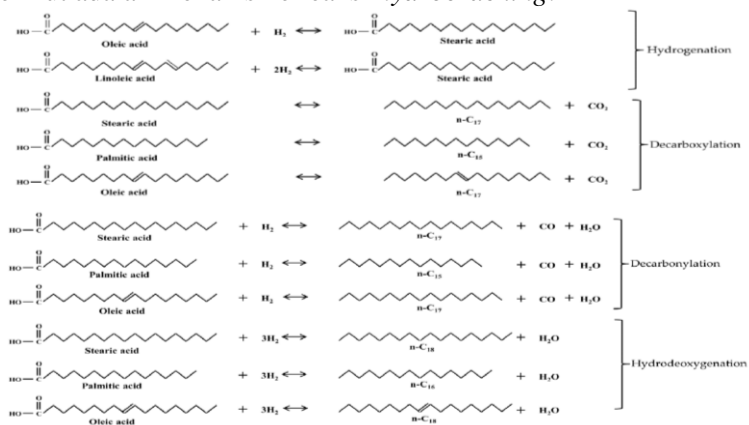
Hidrogenasi adalah reaksi adisi hidrogen (H_2) pada gugus etilenik atau ikatan rangkap. Reaksi hidrogenasi ini dilakukan dengan menggunakan gas hidrogen dan penambahan serbuk nikel sebagai katalis. Kegunaan reaksi hidrogenasi adalah untuk menjenuhkan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal pada rantai karbonnya. Laju hidrogenasi tergantung pada temperatur, jenis

bahan yang dihidrogenasi, aktivitas katalis, konsentrasi katalis, dan laju alir gas hidrogen di permukaan katalis. Agar hidrogenasi dapat berlangsung, gas hidrogen, bahan yang akan dihidrogenasi, dan katalis padat harus ada pada temperatur yang sesuai.

Reaksi hidrogenasi pada umumnya menggunakan logam-logam transisi sebagai katalis. Pemilihan logam sebagai katalis disesuaikan pada senyawa yang akan direduksi dan kondisi reaksi hidrogenasinya. Aktivitas dan selektivitas logam sebagai katalis sangat berhubungan dengan struktur dan komposisi logamnya.

Dalam proses pembuatan hidrokarbon dari minyak nabati, kondisi proses memainkan peran penting. Suhu mempunyai pengaruh yang cukup besar pada perengkahan minyak nabati, bahkan mempengaruhi konversi dan yield produk. Hal ini telah diteliti oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pada proses *hydrocracking*, selektivitas gasolin tetap konstan dengan naiknya suhu. Penambahan H_2 dengan konsentrasi rendah selama perengkahan tidak berpengaruh signifikan terhadap selektivitas produk, karena produksi bensin lebih dipengaruhi oleh karakteristik katalis.

Berikut adalah mekanisme reaksi *hydrocracking*.

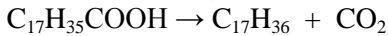


Gambar 2.2 Mekanisme reaksi *hydrocracking* minyak biji kapuk randu

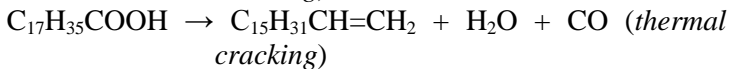
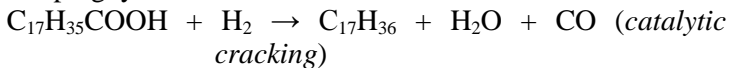
Hydrocracking minyak nabati memungkinkan tranformasi dari trigliserida menjadi hidrokarbon. Selama reaksi

hidrogenasi, molekul trigliserida dari minyak nabati kemudian dikonversi menjadi molekul-molekul yang lebih kecil seperti digliserida, monogliserida, asam karboksilat, dan senyawa yang mengandung oksigen. Produk tersebut kemudian ditransformasi menjadi hidrokarbon dengan tiga reaksi yang berbeda, yaitu dekarboksilasi, dekarbonilasi, dan hidrideoksigenasi. Tiga reaksi yang paling penting berlangsung selama *hydrocracking* minyak nabati pada Gambar 2.3, yaitu:

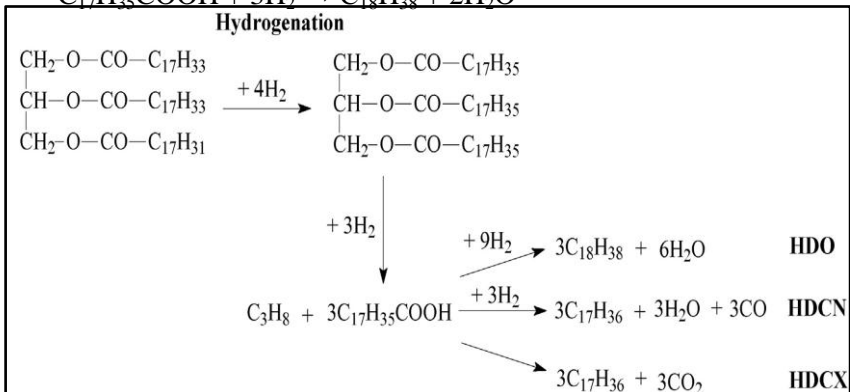
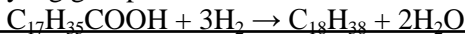
1. Reaksi dekarboksilasi, reaksi yang mengarah ke penghapusan kelompok karboksilat dan menghasilkan karbon dioksida (CO_2).



2. Reaksi dekarbonilasi, reaksi yang menghasilkan hidrokarbon utama dengan bilangan karbon yang ganjil. Produk sampingnya adalah H_2O dan CO .



3. Reaksi hidrideoksigenasi (reduksi), reaksi yang menghasilkan hidrokarbon utama dengan bilangan karbon yang genap dan air.



Gambar 2.3 Skema reaksi untuk konversi trigliserida menjadi hidrokarbon

(Kochetkova dkk; 2016)

II.4 Metode Impregnasi

Terdapat berbagai macam cara untuk mensintesis katalis heterogen, contohnya Metode Impregnasi. Pengertian dari impregnasi adalah proses penjenruhan total suatu zat menggunakan zat tertentu. Banyak katalis yang disintesis dengan metode ini. Metode ini merupakan teknik preparasi katalis yang paling sering digunakan daripada metode lainnya. Alasan utamanya adalah karena kemudahan dalam pengerjaannya. Tujuannya adalah untuk mengisi pori-pori menggunakan larutan garam logam dengan konsentrasi tertentu. Setelah diimpregnasi, langkah selanjutnya adalah pengeringan dan pemanasan pada suhu tinggi (kalsinasi), sehingga terjadi dekomposisi precursor menjadi spesi aktif.

Ada dua metode impregnasi, yaitu:

1. Impregnasi basah (*wet impregnation*), pada impregnasi basah, jumlah larutan precursor fasa aktif ditambahkan ke penyangga melebihi volume pori penyangga. walaupun metode ini adalah yang termudah, tetapi dapat menghasilkan deposisi precursor fasa aktif yang sangat banyak pada bagian luar penyangga setelah dikeringkan dan menghasilkan distribusi fasa aktif mirip kulit telur pada bagian luar penyangga.
2. Impregnasi Kering (*incipient wetness impregnation*). Pada metode ini, jumlah larutan precursor aktif (impregnan) yang ditambahkan sama dengan jumlah volume penyangga. keuntungan dari metode ini adalah akurat dalam mengontrol komponen aktif yang akan digabungkan dalam katalis, kelemahannya sulit melakukan pembuatan dengan % berat komponen aktif yang besar.

II.5 Katalis dan Material Pendukung

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Dalam penurunan energi aktivasi ini, maka energi

minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat (Gates, 1992). Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: aktivitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan mekanik. Secara umum katalis mempunyai 2 fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas (Nasikin dan Susanto, 2010)

II.5.1 Penggolongan Katalis

Penggolongan katalis secara umum dibagi menjadi dua yaitu:

1. Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang berada pada fasa yang sama dengan reaktannya. Kejelekan katalis ini adalah pemisahan yang sulit dari media reaksi.

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktannya. Persyaratan dari suatu katalis heterogen adalah bahwa pereaksi gas diadsorpsi oleh katalis. Pada umumnya katalis heterogen berbentuk padatan dan memiliki permukaan metal aktif.

Pada katalis heterogen terdapat beberapa komponen penyusun. Komponen tersebut dibagi menjadi 3 yaitu senyawa aktif, penyangga dan promotor.

a. Senyawa aktif

Senyawa aktif adalah senyawa yang mengatur terjadinya reaksi kimia pada katalis, sehingga dapat merubah reaktan menjadi produk. Beberapa contoh senyawa yang dapat berfungsi sebagai senyawa aktif yaitu logam dalam bentuk murninya atau dalam bentuk oksidanya, seperti Ni (nikel), Pt (platina) dll.

b. Penyangga

Penyangga atau support merupakan komponen terbesar pada katalis yang mempunyai fungsi sebagai tempat untuk mendistribusikan senyawa aktif ke pori-pori bahan penyangga secara merata sehingga terjadi dispersi senyawa aktif yang merata

(Nurjanah dkk, 2010). Bahan penyangga mempunyai sifat inert sehingga tidak mempengaruhi reaksi yang terjadi pada katalis dan tahan terhadap panas pada proses kimia di industri.

c. Promotor

Promotor merupakan bahan yang digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan aktivitas katalis dengan menjaga dispersi fasa aktif dan meningkatkan stabilitas termal dari pendukung serta mampu meningkatkan selektivitas.

II.5.2 Karakteristik Katalis Zn-Mo/HZSM-5

Pada penelitian ini digunakan katalis Zn-Mo/HZSM-5 berikut senyawa yang digunakan.

1. Seng (Zn) Sebagai Senyawa Aktif

Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 gr/mol, konfigurasi elektron $[Ar]3d^{10}4s^2$ dan terdapat pada golongan IIB unsur transisi disalam tabel periodik. Seng adalah logam yang berwarna putih kebiruan yang sangat mudah ditempa. Seng liat pada suhu 110-150°C, melebur pada suhu 410°C, dan mendidih pada suhu 906°C. Logamnya yang murni, melarut lambat dalam asam maupun basa, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini dapat mempercepat reaksi. Hal tersebut menjelaskan seng-seng komersial dapat dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan gas hidrogen. Seng membentuk hanya satu seri garam, garam-garam ini mengandung kation seng (II), yang diturunkan dari seng oksida, ZnO (Vogel, 1985).

2. Molibden (Mo) Sebagai Promotor

Molibden didapat sebagai hasil samping operasi penambangan tembaga dan wolfram. Pada proses tersebut, bijih molibdenit terlebih dahulu dipisahkan dengan teknik flotasi, kemudian dipanggang untuk memperoleh oksidanya, MoO_3 . Jika ingin digunakan langsung sebagai paduan seperti pada pabrik baja, oksida ini diubah menjadi feromolibdenum dengan proses

aluminotermik. Untuk memperoleh logam yang lebih murni, molibden oksida dilarutkan dalam larutan amonia untuk dikristalkan sebagai amonium molibdat, kadang-kadang sebagai dimolibdat, $[\text{NH}_4]_2[\text{Mo}_2\text{O}_7]$, atau sebagai paramolibdat, $[\text{NH}_4]_6[\text{Mo}_7\text{O}_{24}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ bergantung pada kondisinya. Molibdat ini kemudian dapat direduksi dengan gas H_2 menjadi serbuk logam molibdenum yang berwarna abu-abu. Berikut ini adalah karakteristik logam Mo.

Tabel 2.4 Sifat unsur Mo

Karakteristik	$_{42}\text{Mo}$
Kelimpahan/ppm	1,2
Densitas/ gcm^{-3}	10,28
Titik leleh/ $^{\circ}\text{C}$	1620
Titik didih/ $^{\circ}\text{C}$	4650
Jari-jari atomik/pm (Bilangan koordinasi = 12)	139
Jari-jari ionik/pm	59;61;65;69
Konfigurasi elektronik	$[\text{}_{36}\text{Kr}]4\text{d}^55\text{s}^1$
Elektronegativita	1,8

Sumber: Sugiyarto, 2006

3. Zeolit Sebagai Penyangga/Support

Zeolit baru dikenal sebagai bahan tambang setelah ditemukan pada tahun 1756 oleh B.A.F.Cronsted seorang ahli mineral dari Swedia. Para ahli mineralogi memperkirakan bahwa zeolit berasal dari muntahan gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, sedimen, batuan metamorfosa, selanjutnya melalui pelapukan karena pengaruh panas dan dingin yang terjadi dalam lubang- batuan lava basal (*traps rock*) dan butiran halus dari batuan sedimen piroklastik (*tuff*). Umumnya komposisi zeolit alam mengandung klinoptilolit, mordenit, chabazit, dan erionit. Kristalnya terbentuk dari proses hidrotermal yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava.

Zeolit Indonesia umumnya mengandung jenis mordenit dan klinoptilolit serta kadang-kadang gabungan jenis keduanya. Menurut hasil penelitian zeolit alam Indonesia banyak campuran atau pengotor, sehingga diperlukan pengolahan untuk menghilangkannya atau memisahkan pengotor tersebut (Las. T,

1991). Zeolit merupakan kristal mikropori alumina silika, yang terdiri dari TO_4 tetrahedral ($\text{T}=\text{Si}, \text{Al}$) dengan atom O *sharing* yang membentuk tetrahedral. Karena adanya *sharing* atom O tadi maka kerangka 3 dimensi zeolit sedikit terbuka sehingga membentuk pori ataupun rongga. Zeolit tersusun atas substitusi parsial Si^{4+} dengan Al^{3+} , dimana atom silikon digantikan dengan atom alumunium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom oksigen. Atom alumunium ini hanya memiliki muatan 4+. Keberadaan atom alumunium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekul, penukar ion, filter dan katalis. Secara empiris mempunyai rumus sebagai berikut $\text{Mx/n}[\{\text{AlO}_2\}_x\{\text{SiO}_2\}_y.\text{zH}_2\text{O}$ dimana, Mx/n : kation golongan IA dan IIA dalam sistem periodik, n: valensi logam alkali, x: bilangan tertentu alumina dari 2-10, y: bilangan tertentu silica dari 2-7, z: jumlah molekul air.

Tabel 2.5 Komposisi Zeolit Alam

Komposisi	Kandungan (%)
SiO_2	64,55
Al_2O_3	12,83
Fe_2O_3	1,38
K_2O	2,81
TiO_2	0,22
MgO	0,71
CaO	1,64
Na_2O	0,33
Hilang dibakar	15,18

Sumber: Arifin dan Harsodo, 1991

Berdasarkan proses pembentukannya, zeolit dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis.

a. Zeolit Alam

Zeolit alam adalah zeolit yang terbentuk melalui proses alam yaitu proses hidrotermal pada batuan beku basa.

Kebanyakan zeolit alam memiliki perbandingan Si/Al yang rendah.

b. Zeolit Sintesis

Zeolit sintesis biasanya dibuat untuk mendapatkan zeolit dengan kemurnian yang lebih baik dengan mengatur perbandingan Si/Al yang diinginkan. Zeolit sintesis diklasifikasikan menurut jumlah Si atau Al yang terkandung didalamnya yaitu:

(i) Zeolit Kadar Si rendah atau Kadar Al tinggi

Milton dan Breck dari *Union Carbide* melaporkan pengamatan dari zeolit A dan X pada tahun 1959. Zeolit ini mempunyai pori, komposisi, dan saluran rongga optimum dan sangat baik sebagai agen penukar ion.

(ii) Zeolit Kadar Si sedang

Breck melaporkan sintesis zeolit Y pada tahun 1964, dimana perbandingan Si/Al 1,5-3,8 dan memiliki kerangka yang hampir sama dengan zeolit X dan mineral faujasit. Dengan menurunkan kandungan Al akan menyebabkan stabilitas pada asam dan panas sehingga zeolit Y dapat dikembangkan untuk transformasi hidrokarbon.

(iii) Zeolit Kadar Si tinggi

Zeolit dengan perbandingan Si/Al mencapai 10-100 (atau lebih) telah dilaporkan oleh *Mobil Research and Development Laboratories* di tahun 1960 dan 1970an, sebagai contohnya ZSM-5. Walaupun kandungan Al nya rendah namun zeolit ini sangat baik untuk reaksi katalisis hidrokarbon (Breck, 1974).

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi keseimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekuler dari reaksi. Katalis dengan pori sangat kecil akan memuat molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut *molecular sieve* yang terdapat dalam substansi zeolit alam (Bambang dkk, 1995).

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pada pusat aktif terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat aktif yang bersidat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul basa secara kimia. Sifat katalisis zeolit disebabkan kation pada atom Al zeolit yang dapat dipertukarkan dengan ion H^+ dan aktif sebagai katalis.

II.6 *Biofuel*

Salah satu sumber energi yang adapat diperbaharui serta dapat diperoleh dan diolah dengan mudah adalah energi yang bersumber dari minyak tumbuh-tumbuhan dan lemak hewan, disebut juga *biofuel*.

Dalam Kamus Pertanian (1977) pengertian bioenergi atau *biofuel* adalah sumber daya pembangkit gerak. Sementara itu bio artinya sebagai organisme atau makhluk hidup, dengan kata lain bioenergi adalah sumber daya yang berasal dari makhluk hidup, yakni tumbuhan, hewan dan fungi (Prihandana, 2007)

Beberapa hasil pertanian seperti ubi kayu, tebu, kelapa, kacang tanah, kelapa sawit dan jarak pagar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan bioenergi / *biofuel*. Sampai saat ini dikenal tiga jenis bahan bakar nabati, yaitu:

- a. Bioetanol, dibuat dari ubi kayu atau tetes tebu yang digunakan sebagai pencampur premium atau secara murni sebagai gasohol, dipakai untuk pengganti premium.
- b. Biodiesel, dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan atau lemak hewan seperti minyak kelapa, minyak sawit atau minyak jarak pagar, dibuat sebagai pengganti solar.
- c. Bio-oil, produk konversi kayu atau lignoselulosa lainnya yang diubah menjadi bentuk cair melalui proses *Pyrolisa eksplosif*, digunakan sebagai bahan bakar langsung / *Combustion* pengganti residu.

Biofuel menawarkan kemungkinan memproduksi energi tanpa meningkatkan kadar karbon di atmosfer karena berbagai tanaman yang digunakan untuk memproduksi *biofuel* mengurangi

kadar karbondioksida di atmosfer, tidak seperti bahan bakar fosil yang mengembalikan karbon yang tersimpan dibawah permukaan tanah selama jutaan tahun ke udara. Dengan begitu *biofuel* lebih bersifat *carbon neutral* dan sedikit meningkatkan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer. Penggunaan *biofuel* mengurangi pula ketergantungan pada minyak bumi serta meningkatkan keamanan energi.

II.7 Penelitian Terdahulu

Di antara sumber energi lainnya seperti gas, solar dan listrik, bahan bakar minyak adalah sumber energi yang paling umum digunakan untuk sektor transportasi. Pada tahun 2004, permintaan minyak naik menjadi 82 juta barel per hari; dan diperkirakan akan meningkat hingga 111 juta barel per hari pada tahun 2025 . Kenaikan signifikan ini permintaan akan mempengaruhi jumlah persediaan minyak bumi yang akibatnya mempengaruhi permintaan minyak yang mungkin akan meningkat. Namun, masalah ini dapat diatasi dengan mencari pasokan alternatif, seperti minyak nabati. Perlu untuk mempertimbangkan jenis minyak karena proses produksi terbarukan, dan hasil saat yang sama emisi polutan lebih rendah dari bahan bakar fosil. Pada saat ini, proses untuk mengubah minyak kernel *Calophyllum inophyllum* menjadi bahan bakar melibatkan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dan diikuti dengan proses pemurnian.

Dalam proses *hydrocracking*, katalis logam transisi, kobalt (Co) dan molibdenum (Mo), memiliki selektivitas yang tinggi. Katalis juga dapat digunakan dalam proses hidrodesulfurisasi (HDS) dan hidrogenitrogenisasi (HDN). HDS dan HDN proses metode yang digunakan untuk mengurangi nitrogen dan sulfur ditemukan di bahan bakar minyak umum. Proses lain adalah proses *hydrotreating* menggunakan katalis CoMo dengan suhu hingga 380 °C dan tekanan hingga 40-60 bar, yang mungkin berhasil mencapai konversi 100% dengan minyak bunga matahari. Dari penelitian didapatkan konversi *biofuel* untuk katalis CoMo/ γ -Al₂O₃, CoMo/SiO₂ dan CoMo/ γ -Al₂O₃-SiO₂

berturut-turut sebesar 99,9%, 42,3%, dan 17,47% dengan proses *hydrocracking* (Rismawati dkk, 2015).

Peneliti lain menggunakan HZSM-5 sebagai basis katalis dengan logam Zn untuk menghasilkan *biofuel* dari minyak kemiri dan minyak kelapa sawit melalui proses *catalytic cracking* dengan menggunakan reaktor *fixed bed*. Hasil yang didapat minyak kemiri memiliki komposisi yang berbeda dengan kelapa sawit. Komposisi minyak kemiri adalah asam oleic, 2-butyl- 5-hexyloctahydro, asam palmitat dan asam karbonat dengan persentase masing-masing 69.708%, 18,251, 8,357% dan 3,685%. Produksi *biofuel* dari minyak kemiri menggunakan proses *catalytic cracking* dengan Zn / HZSM-5 katalis dapat digunakan sebagai pengganti sumber energi bahan bakar fosil. *Biofuel* dari minyak kemiri memiliki selektivitas *biofuel* lebih tinggi dibandingkan dari kelapa sawit. *Biofuel* selektivitas tertinggi adalah 80,75% pada suhu 325 ° C dengan laju aliran nitrogen dari 60 ml / menit. Jumlah *cetane number biofuel* adalah 74,8. Oleh karena itu, Zn / HZSM-5 sangat direkomendasikan untuk produksi *biofuel* dari minyak kemiri (Budianto dkk, 2014).

Penelitian dari Rogelio Sotelo-Boyas, produksi *green diesel* dari minyak kanola dengan katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dan Pt-Zeolit sebagai basis katalis melalui proses *hydrocracking*. Proses *hydrotreating* minyak nabati pada katalis *bifunctional* memungkinkan produksi hidrokarbon cair yang dikenal sebagai "green" diesel mengandung sebagian besar *n-heptadecane* dan *n-octadecane*, yang terutama dibentuk oleh reaksi dekarbonilasi dan *hydrodeoxygenation*. *Green diesel* dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar transportasi. Karena sisi asam katalis kuat, Pt / zeolit memiliki aktivitas perengkahan tinggi. Proses hidrogenasi juga sangat tinggi dan karena itu hidrogen sangat cepat dikonsumsi dengan katalis ini. Karena itu, hasil dari diesel lebih rendah dari yang diperoleh saat menggunakan NiMo / Al₂O₃ sebagai katalis.

Peneliti yang lain mencoba melakukan impregnasi logam transisi (Ni,Cu,Zn) ke dalam HZSM-5 untuk meningkatkan *site active* dari katalis tersebut, dari penelitian ini diketahui pada temperatur 450°C dan laju gas N₂ 130 ml/min untuk katalis

HZSM-5 yield *gasoline* 17,11% *kerosene* 14,89% dan *diesel* 10,86%. Untuk katalis Ni/HZSM-5 yield *gasoline* 17,55% *kerosene* 13,48% dan *diesel* 5,84%. Untuk katalis Cu/HZSM-5 yield *gasoline* 18,05% *kerosene* 13,30% dan *diesel* 5,72%. Untuk katalis Zn/HZSM-5 yield *gasoline* 29,38% *kerosene* 12,86% dan *diesel* 4,78% (Nurjannah, 2012).

Tabel 2.6 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Jurnal	Uraian
1	Rismawati, Achmad Roesyadi, Adrianto, dan M. Mahfud., (2015)	<i>Hydrocracking of Calophyllum inophyllum Oil with Non-Sulfide CoMo Catalysts</i>	<p>Bahan baku : Minyak Nyamplung</p> <p>Katalis : CoMo/γ-Al₂O₃, CoMo/SiO₂ dan CoMo/γ-Al₂O₃-SiO₂</p> <p>Proses : <i>Hydrocracking</i>, T = 350°C P = 30 bar</p> <p>Reaktor : reaktor batch</p> <p>Hasil : yield bahan bakar 25,63% gasoline, 17,31 % kerosene dan 38,59% solar.</p>
2	Agus budianto, Danawati H.P, dan Kusno Budhikarjono (2014)	<i>Biofuel Production From Candlenut Oil Using Catalytic Cracking Process With Zn/HZSM-5 Catalyst</i>	<p>Bahan baku : Candlenut Oil</p> <p>Katalis : Zn/HZSM-5</p> <p>Proses : Catalytic Cracking, T = 300°C - 375°C</p> <p>Reaktor : fixed bed</p> <p>Hasil : <i>Biofuel</i> dengan selektivitas tertinggi adalah 80,75% pada suhu 325 ° C dengan laju aliran nitrogen dari 60 ml / menit.</p>

3	Rogelio S.B et.al (2013)	Production of Green Diesel By <i>Hydrocracking</i> of Canola Oil On Ni-Mo/ γ - Al ₂ O ₃ And Pt- Zeolitic Based Catalyst	Proses hydrotreating minyak nabati pada katalis bifunctional memungkinkan produksi hidrokarbon cair yang dikenal sebagai "green" diesel mengandung sebagian besar n-heptadecane dan n-octadecane, yang terutama dibentuk oleh reaksi dekarbonilasi dan hydrodeoxygenation.
4	Achmad Roesyadi, Danawati H.P, Nurjannah, Santi D.S. (2012)	The Catalyst Selectivity to Cracking Product of Palm Oil	Bahan baku : Palm Oil Katalis : Cu/HZSM-5, Ni/HZSM-5 dan Zn/HZSM-5 Proses : Catalytic Cracking, T = 350°C - 500°C Reaktor : fixed bed Hasil : untuk katalis HZSM-5 yield <i>gasoline</i> 17,11% <i>kerosene</i> 14,89% dan <i>diesel</i> 10,86%. Untuk katalis Ni/HZSM-5 yield <i>gasoline</i> 17,55% <i>kerosene</i> 13,48% dan <i>diesel</i> 5,84%. Untuk katalis Cu/HZSM-5 yield <i>gasoline</i> 18,05% <i>kerosene</i> 13,30% dan <i>diesel</i> 5,72%. Untuk katalis Zn/HZSM-5 yield <i>gasoline</i> 29,38% <i>kerosene</i> 12,86% dan <i>diesel</i> 4,78%
5	Nunki Fathurrozi, Noveriyanto Dwi Singgih (2015)	Rekayasa Katalis Co-Ni/HZSM-5 Untuk Memproduksi <i>Biofuel</i> dari	Bahan baku : Minyak Bintaro Katalis : Co-Ni/HZSM-5 Proses : <i>Hydrocracking</i> Reaktor : Batch Hasil : yield <i>gasoline</i> 13,66%

		Minyak Bintaro Melalui Proses <i>Hydrocracking</i>	diperoleh pada variabel suhu 375 °C, <i>kerosene</i> 12,76% pada variabel Co-Ni/HZSM-5 1:4 (5 % loading), gas oil (Biodiesel) 63,58 %.
6	Waya Dyah Pita Rengga, Prita Astuti Handayani, Sri Kadarwati, Agung Feinnudin (2014)	Kinetic Study on Cracking Of Rubber Seed (<i>Hevea brasiliensis</i>) Oil to Liquid Fuels	Bahan baku : Minyak Biji Karet Katalis : Sulphuric Acid Proses : <i>Catalytic Cracking</i> Reaktor : Batch Hasil : yield <i>gasoline</i> 52,2% diperoleh pada variabel suhu 450 °C, <i>kerosene</i> 27,36% pada variabel 450 °C, gas oil (Biodiesel) 5,12%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan *biofuel* dari minyak biji kapuk randu melalui proses *hydrocracking* dengan menggunakan katalis Zn-Mo/HZSM-5 dilakukan persiapan sebagai berikut:

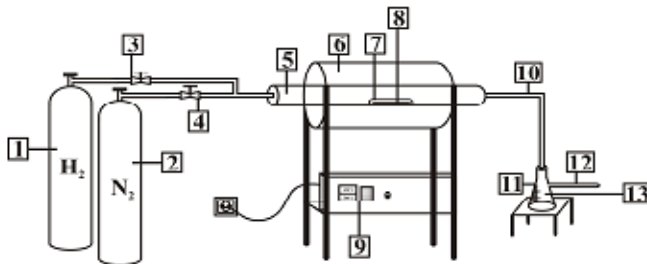
III.1 Bahan dan Alat

III.1.1 Bahan

1. Minyak Biji Kapuk Randu
2. Gas H_2
3. Gas N_2
4. NH_4ZSM-5
5. $N_2O_6Zn_{.6}H_2O$
6. $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$

III.1.2 Alat

1. Peralatan Kalsinasi



Gambar 3.1 Peralatan kalsinasi

Keterangan gambar:

1. Tabung gas H_2
2. Tabung gas N_2
3. Valve tube gas H_2
4. Valve tube gas N_2
5. Reaktor kalsinasi
6. Furnace
7. Nacelle
8. Katalis

9. *Panel control furnace*

10. *Tube gas outlet*

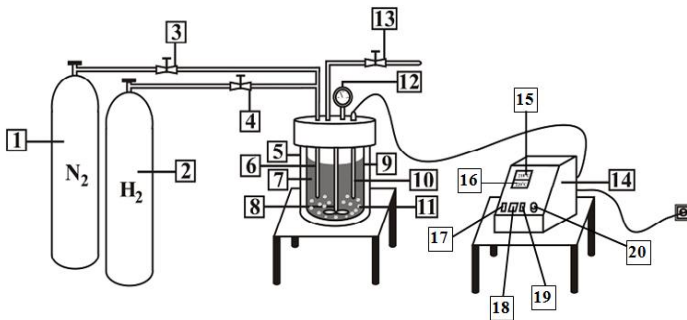
11. *Vakuumflash*

12. Gas keluar

13. Air

14. Pengait *nacelle*

2. Peralatan *Hydrocracking*



Gambar 3.2 Peralatan proses *hydrocracking*

Keterangan gambar:

1. Tabung gas N_2

2. Tabung gas H_2

3. *Valve tube* gas N_2

4. *Valve tube* gas H_2

5. *Heater*

6. *Tube* reaktor gas N_2/H_2

7. Minyak biji kapuk randu

8. Pengaduk

9. Reaktor

10. *Thermocouple*

11. Katalis

12. Indikator tekanan reaktor

13. *Pressure release control*

14. Panel kontrol *heater*-reaktor

15. *Display* suhu reaktor

16. *Display* suhu *setpoint*

17. Tombol ON panel kontrol *heater*-reaktor

18. Tombol ON *heater*
19. Tombol ON pengaduk
20. Tombol pengaturan kecepatan pengaduk

III.2 Parameter yang Digunakan

III.2.1 Parameter Tetap

Bahan baku : Minyak biji kapuk randu
 Jenis katalis : Zn-Mo/HZSM-5
 Massa katalis total : 2,5% b/v
 Volume minyak biji kapuk : 200 ml
 Tekanan : 10 atm \pm 5

III.2.2 Parameter Berubah

1. Kondisi Operasi Katalis
 - a. Perbandingan logam Zn-Mo : (1:1) dan (1:2)
 - b. Persentase *loading* Zn-Mo terhadap katalis total : 5% dan 10%
2. Kondisi Operasi Proses *Catalytic Hydrocracking*.
 - a. Suhu reaksi ($^{\circ}\text{C}$) = 300, 325, 350, 375, 400

III.3 Parameter yang Dianalisa

III.3.1 Bahan Baku Minyak Biji Kapuk Randu

Gas Chromatography Mass Spectrofotometer (GC-MS).

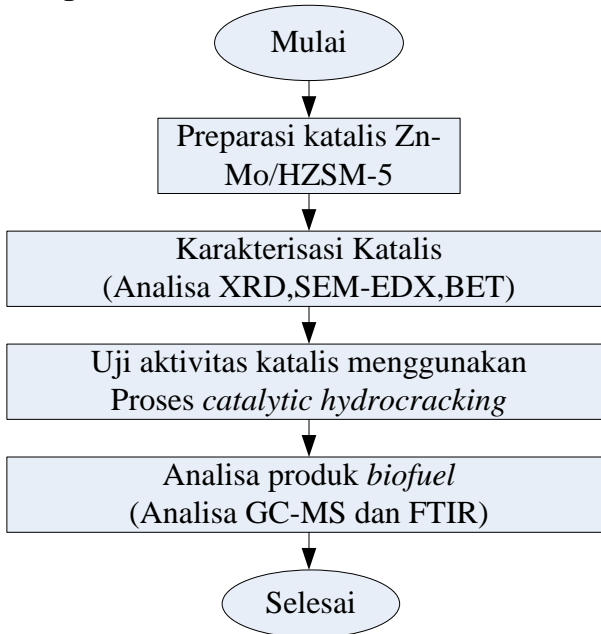
III.3.2 Katalis Zn-Mo/HZSM-5

X-Ray Diffraction (XRD), *Brunauer Emmet Teller* (BET), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy* (EDX).

III.3.3 Produk Biofuel

Gas Chromatography Mass Spectrofotometer (GC-MS) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

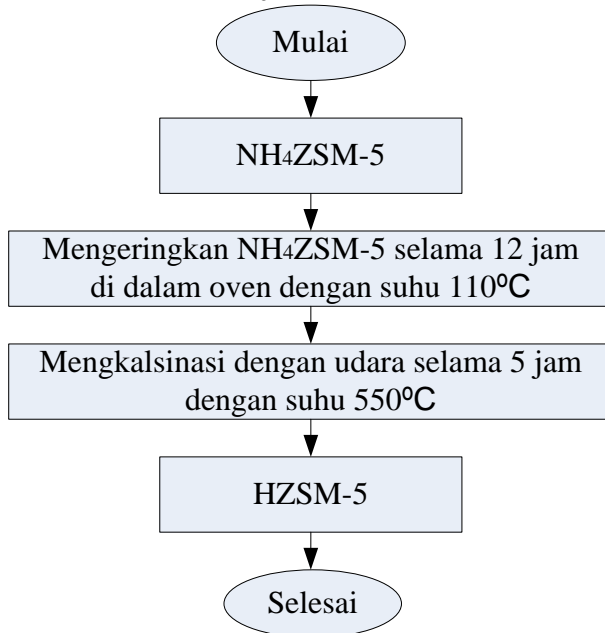
III.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir prosedur penelitian

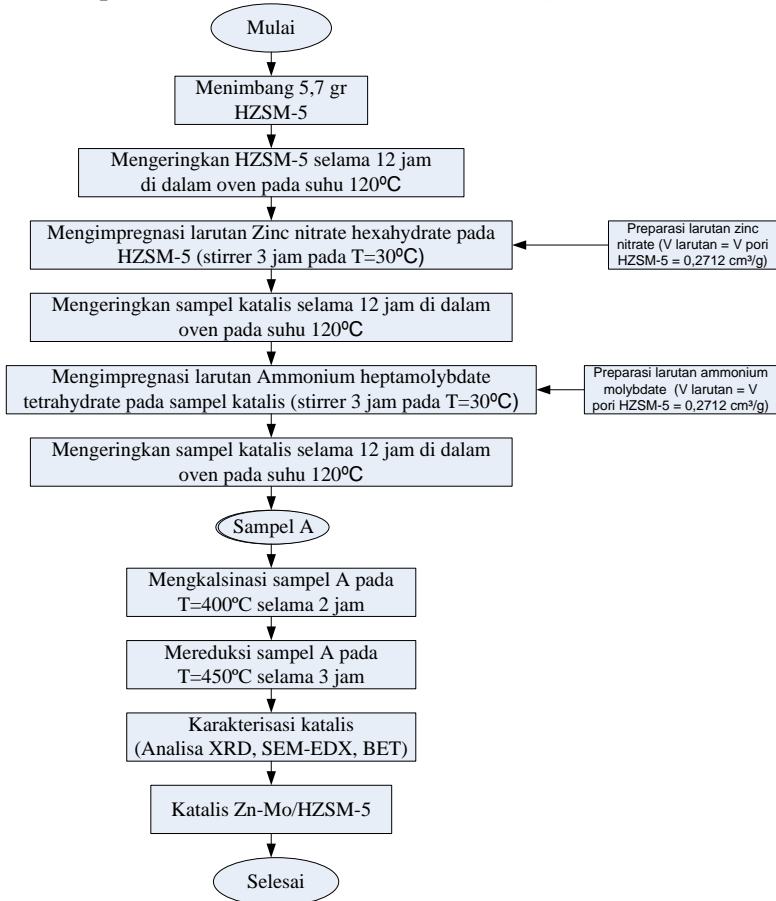
III.4.1 Pembuatan Katalis

- Preparasi $\text{NH}_4\text{ZSM-5}$ menjadi HZSM-5



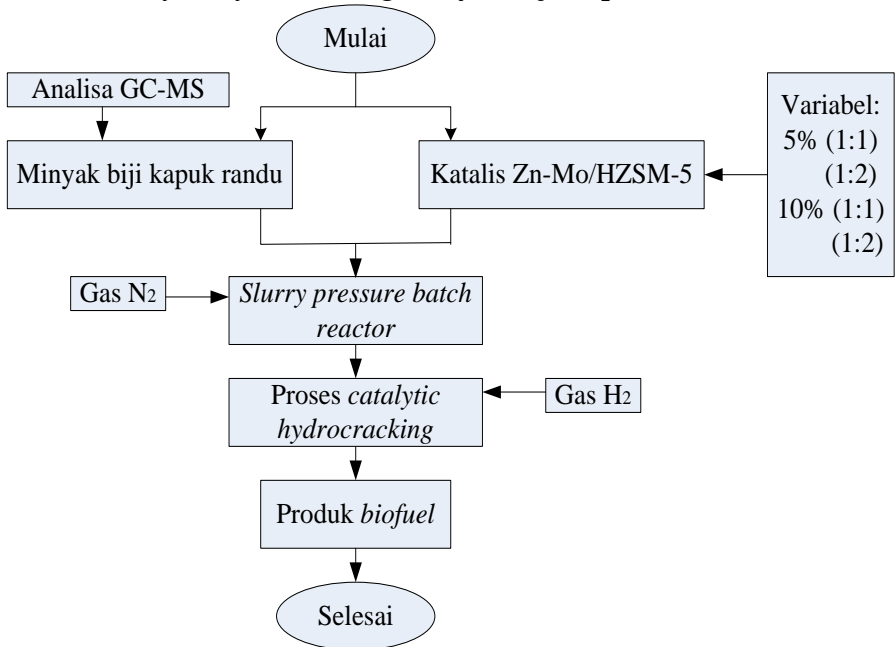
Gambar 3.4 Diagram alir pengubahan $\text{NH}_4\text{ZSM-5}$ menjadi HZSM-5

- Preparasi katalis Zn-Mo/HZSM-5 *loading* 5% (1:1)



Gambar 3.5 Diagram alir prosedur preparasi katalis Zn-Mo/HZSM-5

III.4.2 *Catalytic Hydrocracking* Minyak Biji Kapuk Randu



Gambar 3.6 Diagram alir *catalytic hydrocracking* minyak biji kapuk randu

III.5 Prosedur Penelitian

III.5.1 Pembuatan Katalis

- Preparasi katalis zeolit
 1. $\text{NH}_4\text{ZSM-5}$ dikeringkan 12 jam dalam oven pada suhu 110°C .
 2. Melakukan kalsinasi pada suhu 550°C menggunakan udara selama 5 jam.
- Impregnasi logam

HZSM-5 sebagai support diimpregnasi dengan larutan garam logam yaitu $\text{N}_2\text{O}_6\text{Zn} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dengan menggunakan prosedur yang dilakukan oleh Sartipi dkk (2013) dan Haber dkk (1995). Tahapannya sebagai berikut :

1. Zeolit sintesis HZSM-5 dikeringkan selama 12 jam dalam oven pada suhu 110°C untuk mengurangi senyawa yang terserap pada permukaan.
2. Melakukan impregnasi larutan $\text{N}_2\text{O}_6\text{Zn} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (konsentrasi sesuai variabel) dengan cara ditambahkan sedikit demi sedikit ke zeolit sampai larutan habis.
3. Melakukan pengadukan selama 3 jam menggunakan *stirrer*.
4. Katalis dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 12 jam.
5. Melakukan Impregnasi larutan $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (konsentrasi sesuai variabel) dengan cara ditambahkan sedikit demi sedikit ke zeolit sampai larutan habis.
6. Melakukan tahap 3 dan 4.
7. Melakukan kalsinasi dengan N_2 pada suhu 400°C selama 2 jam dan dilanjutkan proses reduksi dengan gas H_2 pada suhu 450°C selama 3 jam.
8. Setelah melakukan reduksi, aliran gas H_2 dan *heater* dimatikan namun gas N_2 tetap dialirkan hingga katalis mencapai suhu ruangan.

III.5.2 Karakterisasi Katalis

Untuk mengetahui hasil preparasi yang baik, maka perlu dilakukan karakterisasi katalis yaitu:

- Analisa morfologi dan komposisi logam-logam menggunakan analisa SEM-EDX
- Analisa luas permukaan katalis Zn-Mo/HZSM-5 menggunakan analisa BET
- Analisa kristalinitas katalis Zn-MO/HZSM-5 menggunakan analisa XRD

III.5.3 Proses Catalytic Hydrocracking

1. Menimbang 1 gram katalis
2. Memasukkan katalis dalam reaktor *hydrocracking*
3. Memasukkan 200 ml bahan baku minyak biji kapuk randu kedalam tangki

4. Mengalirkan gas N₂ ke dalam reaktor untuk menghilangkan oksigen
5. Mengalirkan gas H₂ dengan tekanan 8,5 atm ke dalam reaktor sampai dengan tekanan reaktor 10 atm, kemudian menutup *valve inlet* hidrogen.
6. Menghidupkan heater dan pengaduk reaktor.
7. Memulai proses *catalytic hydrocracking* dengan mengatur *setting* suhu proses sesuai variabel suhu yang ditetapkan.
8. Setelah mencapai suhu variabel, membiarkan reaksi berjalan selama 2 jam untuk setiap variabel suhu.
9. Mengambil sampel keluar dan menyaring sampel.
10. Menganalisa sampel dengan analisa GC-MS.
11. Percobaan diulangi untuk variabel perbandingan komposisi katalis lainnya.

III.6 Teknik Analisis Data dan Penyimpulan

Biofuel yang diperoleh dari proses *hydrocracking* minyak biji kapuk randu menggunakan katalis padat dianalisis dengan metode analisis *Gas Chromatography- Mass Spectrofotometry* (GC-MS) untuk mengetahui *retention time* komposisi *gasoline*, *kerosene*, dan *gas oil*. Katalis yang didapat dari analisis dengan menggunakan metode XRD untuk mengetahui fase kristal yang terbentuk, *Brunauer Emmet Teller* (BET) untuk mengetahui luas permukaan katalis dan SEM-EDX untuk mengidentifikasi komposisi logam yg terkandung dalam katalis.

Parameter yang diukur adalah *yield biofuel* dalam %. Dengan asumsi % luas area senyawa yang didapatkan dari uji analisa GC-MS ekivalen dengan % berat senyawa tersebut.

Yield gasoline

$$= \frac{\% \text{ kadar gasoline} \times \text{berat total produk}}{\text{Berat umpan}} \times 100\%$$

Yield Kerosene

$$= \frac{\% \text{ kadar Kerosene} \times \text{berat total produk}}{\text{Berat umpan}} \times 100\%$$

$$\text{Yield Gas oil} = \frac{\% \text{ kadar Solar} \times \text{berat total produk}}{\text{Berat umpan}} \times 100\%$$

Untuk menganalisis pengaruh variabel terhadap parameter yang diuji maka dilakukan *plotting* data antara *yield* vs suhu dengan setiap perbandingan rasio katalis dan kadar logam.

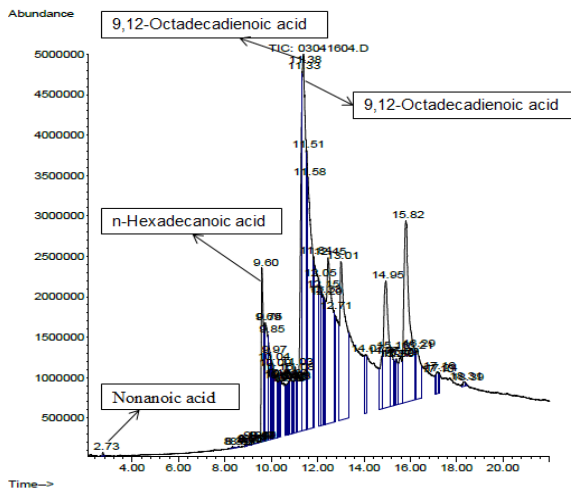
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan *biofuel* dari *hydrocracking* minyak biji kapuk randu menggunakan katalis Zn-Mo/HZSM-5 terdiri dari dua tahap utama; yaitu pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5 dan proses *catalytic hydrocracking* minyak biji kapuk randu. Berikut akan dibahas hasil dari setiap tahap tersebut.

IV.1 Komposisi Minyak Biji Kapuk Randu

Minyak biji kapuk randu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biofuel* diperoleh dari perkebunan kapuk randu di Pasuruan, Jawa Timur. Sebelum digunakan untuk bahan baku pembuatan *biofuel*, minyak biji kapuk perlu untuk dianalisa menggunakan analisa GC-MS agar dapat diketahui komposisi yang terkandung didalamnya. Berikut ini merupakan hasil analisa GC-MS pada minyak biji kapuk randu beserta komposisi asam lemak yang terkandung didalamnya.



Gambar 4.1 Hasil analisa GC-MS minyak biji kapuk randu

Tabel 4.1 Hasil analisa komposisi minyak biji kapuk randu*

Komponen	% Area
ester, Alkohol, C=O, C-O, C-OH	23,42
asam karboksilat	61,37
Aldehida	13,21
Keton	2,78
Total	99,98

*dianalisa dengan GC-MS

Tabel 4.2 Komposisi asam lemak pada minyak biji kapuk randu

Komposisi Asam	Rumus Molekul	BM	Komposisi (% berat)
Asam Linoleat (C18:2)	$C_{18}H_{32}O_2$	280	70,82
Asam Palmitat (C16)	$C_{16}H_{32}O_2$	256	26,12
Asam Miristat (C14)	$C_{14}H_{28}O_2$	228	2,16
Asam Oleat (C18:1)	$C_{18}H_{34}O_2$	282	0,01
Asam Lainnya	-	-	0,89
Total			100

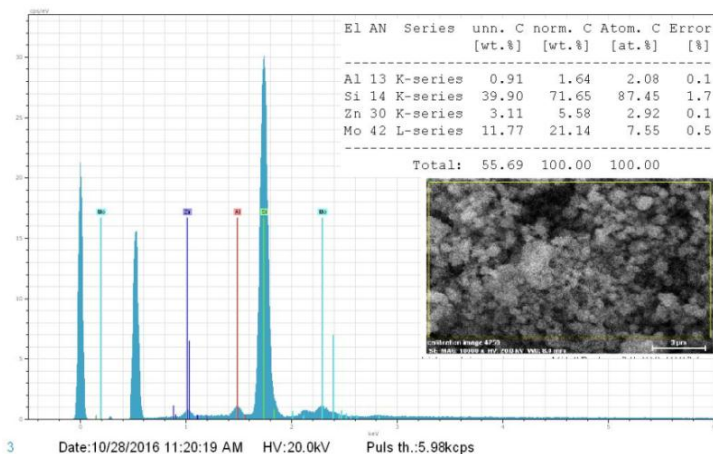
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *peak* paling tinggi dimiliki oleh senyawa 9,12-Octadecanoic acid yaitu pada *retention time* 11,38 menit, begitu pula *peak* tertinggi kedua pada *retention time* 11,33 menit dimiliki oleh senyawa 9,12 Octadecanoic acid yang memiliki nama lain Asam Linoleat. Pada Tabel 4.2 membuktikan bahwa kandungan asam lemak terbesar dari minyak biji kapuk randu yaitu Asam Linoleat dengan persentase sebesar 70,82%. Kandungan komposisi terbanyak kedua yaitu Asam Palmitat sebesar 26,12%. Hal ini menunjukkan minyak biji kapuk randu mengandung asam lemak tidak jenuh dengan jumlah ikatan rangkap dua lebih dari satu (*polyunsaturated fatty acid*). Proses *catalytic hydrocracking* terhadap jenis minyak nabati ini akan memperlihatkan seberapa besar potensinya menjadi bahan bakar nabati (*biofuel*). Selain itu, hasil GC-MS juga menunjukkan bahwa kandungan terbesar

minyak biji kapuk randu adalah asam karboksilat dengan persentase sebesar 61,37% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

IV.2 Karakterisasi Katalis Zn-Mo/HZSM-5

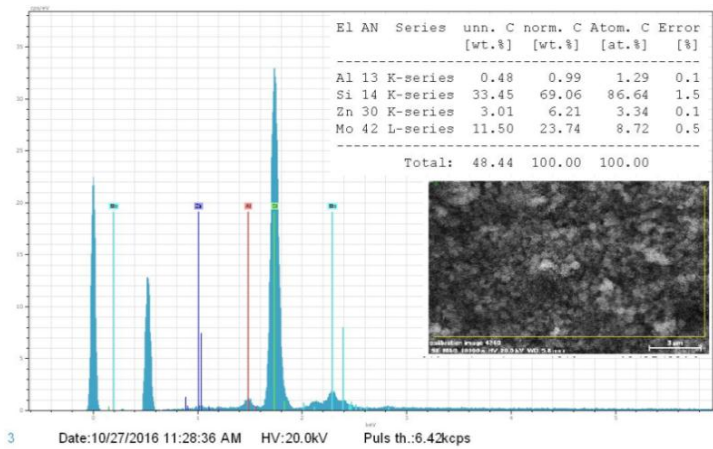
Berdasarkan metode penelitian yang dirumuskan sebelumnya, ada 4 model katalis yang akan dipersiapkan untuk digunakan pada proses *catalytic hydrocracking* minyak biji kapuk randu. Variasi model katalis tersebut berdasarkan % *loading* logam dan perbandingan berat logam. % *loading* logam yang digunakan yaitu 5% dan 10%. Sedangkan perbandingan logam yang digunakan 1:1 dan 1:2 untuk Zn dan Mo. Sebelum digunakan, katalis ini dikarakterisasi dengan beberapa teknik analisa untuk memperoleh sifat teksturalnya. Adapun karakterisasi sifat katalis Zn-Mo/HZSM-5 yang ditabulasi pada Tabel 4.2 meliputi pengukuran komposisi jumlah logam seng dan molibdenum yang berhasil diimpregnasikan kedalam *support* zeolit HZSM-5 dengan analisis SEM-EDX (*Energy Dispersive X-Ray Analysis*) dan Tabel 4.3 merupakan pengukuran luas permukaan katalis, volume pori dan diameter pori katalis dengan metode BET.

a)

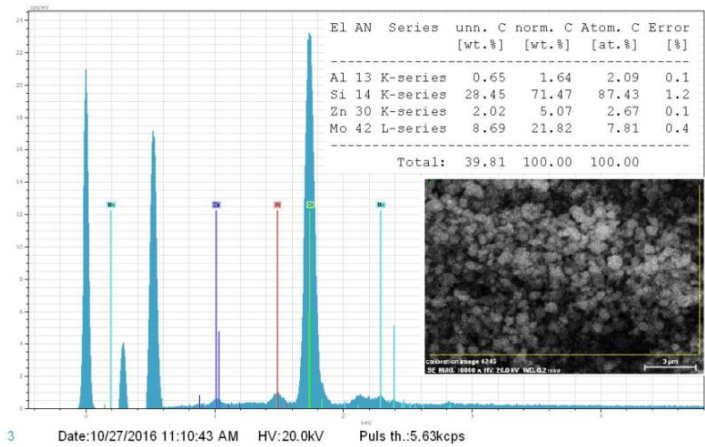


38

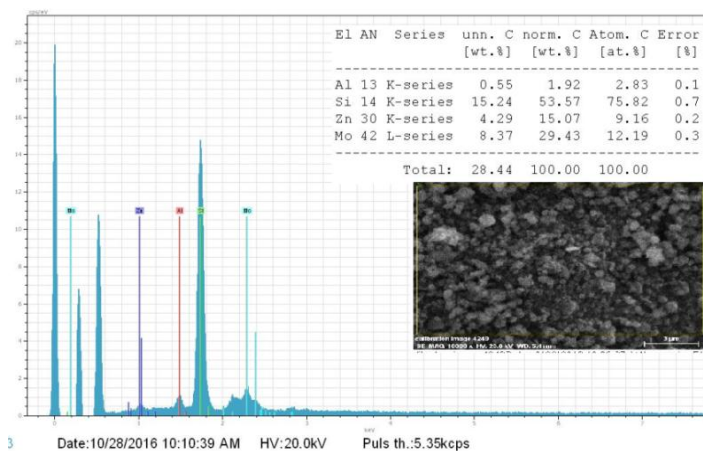
b)



c)



d)



Gambar 4.2 Hasil Analisa EDX dari katalis **a)** Zn-Mo(1:1)/HZSM-5 5%, **b)** Zn-Mo(1:2)/HZSM-5 5%, **c)** Zn-Mo(1:1)/HZSM-5 10%, dan **d)** Zn-Mo(1:2)/HZSM-5 10%.

Tabel 4.3 Sifat-sifat katalis Zn-Mo/HZSM-5 hasil analisa EDX

Katalis	Zn:Mo	% logam (% wt)		Nama model katalis
		Zn	Mo	
Zn-Mo/HZSM-5 (5%)	1:1	2,92	7,55	ZnMoZeol51
	1:2	3,34	8,72	Zn-MoZeol52
Zn-Mo/HZSM-5 (10%)	1:1	2,67	7,81	ZnMoZeol101
	1:2	9,16	12,19	ZnMoZeol102

Tabel 4.4 Sifat-sifat katalis Zn-Mo/HZSM-5 hasil analisa BET

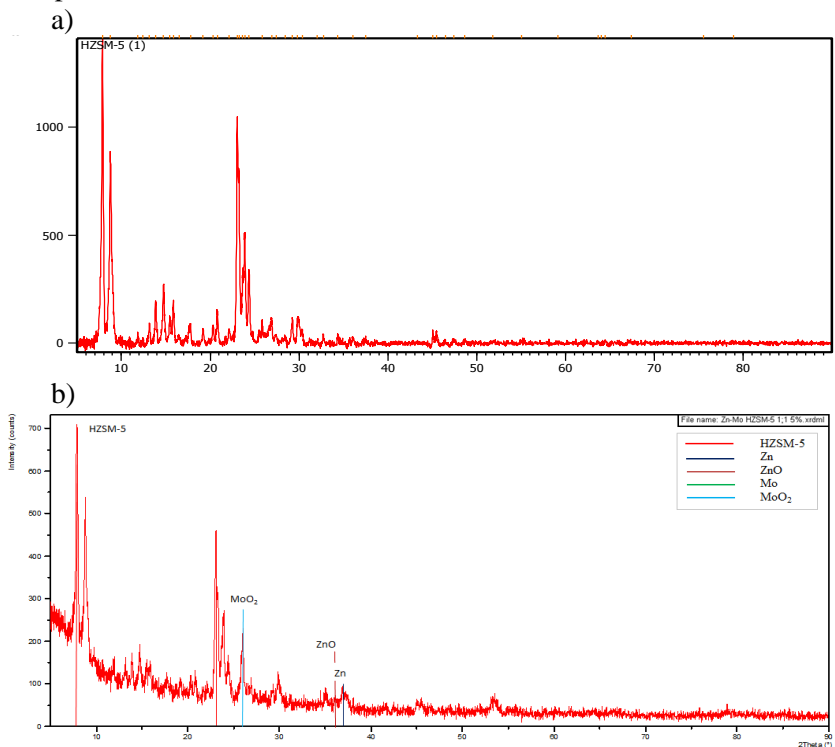
Nama model katalis	Surface area (m ² /g)	Volume pori (cm ³ /gr)	Diameter pori (nm)
HZSM-5	375,121	0,2712	2,490
ZnMoZeol51	250,704	0,1613	2,573
Zn-MoZeol52	251,607	0,1788	2,842
ZnMoZeol101	253,397	0,1926	3,273
ZnMoZeol102	190,392	0,1455	3,057

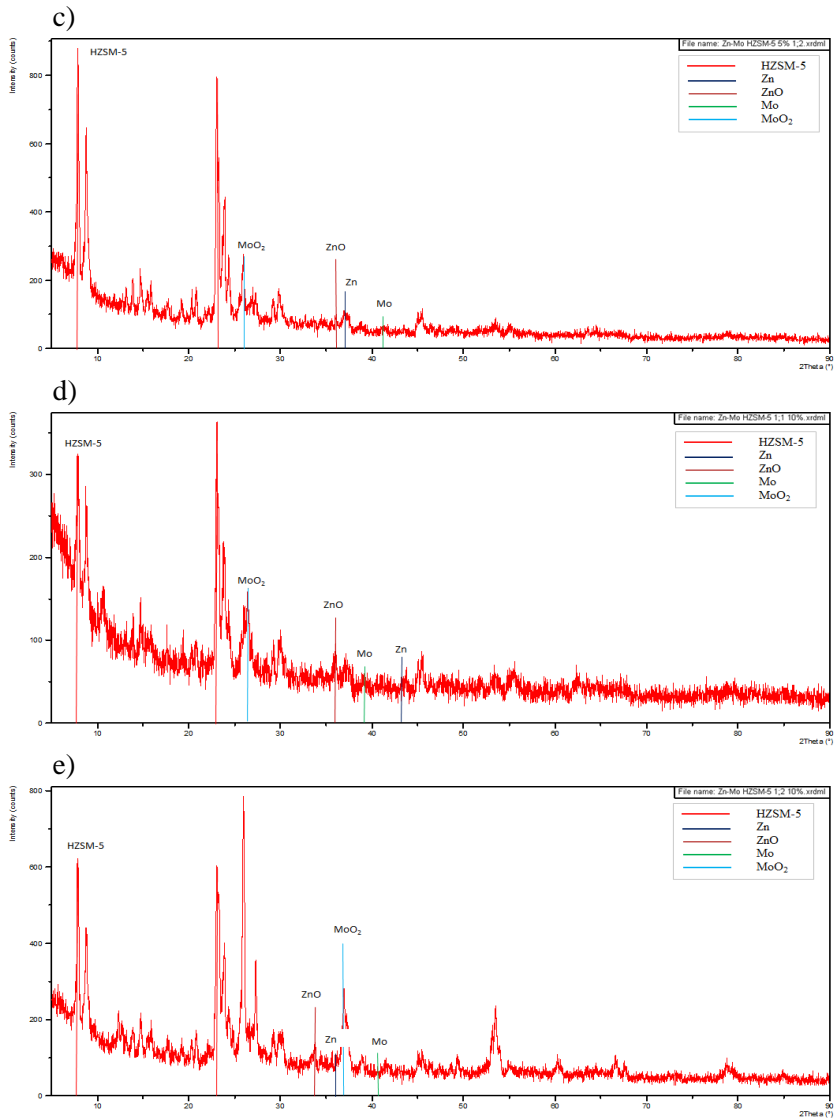
Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 perbandingan rasio berat Zn-Mo terhadap berat katalis total memberikan perbedaan luas permukaan yang diperoleh dari hasil analisa BET. Penurunan surface HZSM-5 terjadi setelah logam Zn-Mo diimpregnasikan kedalam *support* katalis serta didukung dengan data analisa EDX berupa kadar Zn dan Mo. Semakin besar jumlah logam yang berhasil terimpregnasi pada katalis *support* maka semakin kecil luas permukaan katalis tersebut. Zeolit sebelumnya memiliki luas permukaan sebesar 375,121 m²/g, namun setelah diimpregnasi dengan logam, luas permukaan yang terkecil ditunjukkan oleh katalis ZnMoZeol102 sebesar 190,392 m²/g. Dengan mempertimbangkan struktur pori, penambahan logam dengan metode impregnasi menyebabkan penurunan *surface area* katalis Zn-Mo/HZSM-5. Perubahan ini terjadi karena partikel logam berhasil tersebar di HZSM-5 di permukaan dan masuk kedalam pori HZSM-5, menyumbat area mesopori dan memblok area mikropori pada zeolit (Hao dkk, 2012). Berkurangnya luas permukaan dari katalis bukan berarti efektifitas dari katalis akan berkurang akan tetapi diharapkan bertambah karena logam yang ditambahkan pada katalis akan menambah jumlah *active site* yang sangat mempengaruhi laju reaksi di dalam katalis (Fogler, 1999).

Dalam reaksi katalitik agar dapat terjadi perengkahan, maka harus terjadi kontak antara molekul umpan dan situs aktif katalis. Semakin besar luas permukaan katalis maka peluang terjadinya reaksi perengkahan akan semakin besar. Selain itu,

dengan ukuran diameter pori yang besar memberi kesempatan lebih baik bagi molekul umpan untuk dapat masuk sampai ke dalam pori.

Selain analisa BET dan SEM-EDX, katalis juga dikarakterisasi dengan analisa XRD untuk mengetahui fase kristal yang terbentuk akibat proses impregnasi logam seng dan molibdenum kedalam pori HZSM-5. Fase kristal dapat berupa ZnO dan MoO₂. Difraktometer sinar X merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi sampel berupa kristal dengan menggunakan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Hasil yang diperoleh dari analisa ini adalah intensitas relatif (I/I) dan sudut hamburan (2θ). Hamburan sinar X berasal dari atom-atom yang membentuk sampel yang diamati. Gambar 4.3 menunjukkan difraktogram dari katalis HZSM-5 dan beberapa komposisi katalis Zn-Mo/HZSM-5.





Gambar 4.3 Pola *X-Ray Diffraction* intensitas logam Zn, ZnO, Mo dan MoO₂ dari katalis a) HZSM-5 , b) ZnMoZeol51 c) ZnMoZeol52 d) ZnMoZeol101 dan e) ZnMoZeol102.

Tabel 4.5 Data *peak standard* Zn, ZnO, Mo, MoO₂, dan HZSM-5

Intensitas	Zn	ZnO	Mo	MoO ₂	HZSM-5
100%	43,233	36,253	40,510	26,033	23,082
	36,297	34,422		37,026	7,972

Tabel 4.6 Data *peak* hasil analisa katalis Zn-Mo/HZSM-5

Jenis katalis	Intensitas	Zn	ZnO	Mo	MoO ₂	HZSM-5
1:1 5%	100%	-	36,0899	-	26,0182	23,0150
		36,9332	-	-	-	7,9183
1:2 5%	100%	-	36,0038	41,3226	26,9468	23,0114
		36,9697	-	-	-	7,9263
1:1 10%	100%	43,5820	36,0667	39,1276	-	23,0263
		-	-	-	37,2858	7,9724
1:2 10%	100%	-	-	41,5877	-	23,0115
		36,9424	34,3767	-	37,2858	7,8719

Hasil analisis fase HZSM-5 dan Zn-Mo/HZSM-5 yang ditentukan dengan analisa XRD ditunjukkan pada Gambar 4.3 diatas berupa pola *X-Ray Diffraction* katalis Zn-Mo/HZSM-5 dari intensitas logam Zn, ZnO, Mo dan MoO₂ pada sudut hamburan sinar X tertentu. Pada Gambar 4.3a menunjukkan hasil analisa dari katalis HZSM-5. Dimana dari hasil tersebut terlihat bahwa karakteristik puncak-puncak difraksi XRD standard dari katalis HZSM-5 berada pada $2\theta = 7-9^\circ$ dan $22-25^\circ$, sedangkan untuk intensitas logam Zn, ZnO, Mo dan MoO₂ masih belum terdeteksi.

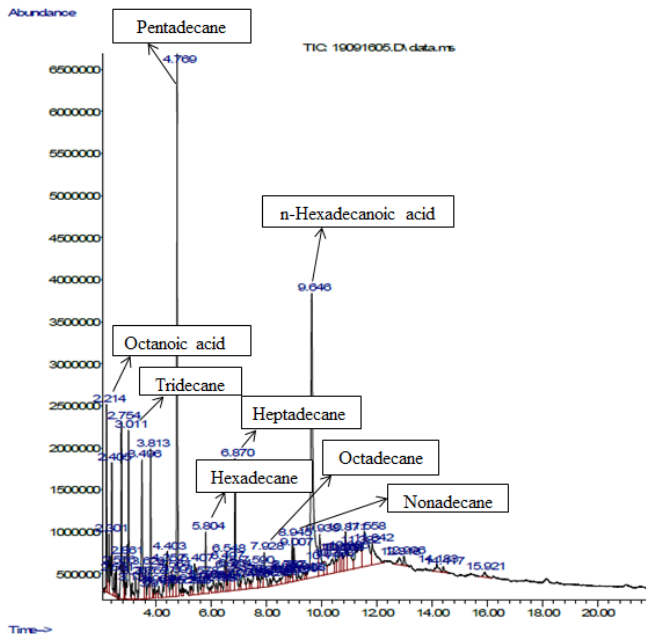
Pada Gambar 4.3b menunjukkan hasil analisa XRD dari katalis ZnMoZeol51 yang memiliki karakteristik puncak-puncak difraksi dengan intensitas kecil dari partikel Zn terdeteksi pada $2\theta = 36,9697^\circ$ dan ZnO terdeteksi pada $2\theta = 36,0038$, sementara *peak* difraksi dari partikel MoO₂ terlihat pada $2\theta = 26,0182^\circ$;

sedangkan partikel Mo tidak terlihat. Gambar 4.3c menunjukkan pola difraktogram katalis ZnMoZeol52. *Peak* difraksi dengan intensitas kecil dari partikel Zn terdeteksi pada $2\theta = 36,9697^\circ$ dan ZnO terdeteksi pada $2\theta = 36,0038^\circ$, sementara *peak* difraksi dari partikel MoO_2 terlihat pada $2\theta = 26,9468^\circ$ sedangkan partikel Mo terlihat pada $2\theta = 41,3226^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa Zn dan Mo terdispersi dengan baik pada support HZSM-5.

Gambar 4.3d menunjukkan pola difraktogram katalis ZnMoZeol101. *Peak* difraksi dengan intensitas kecil dari partikel Zn terdeteksi pada $2\theta = 43,5820^\circ$ dan ZnO terdeteksi pada $2\theta = 36,0667^\circ$, sementara *peak* difraksi dari partikel MoO_2 terlihat pada $2\theta = 26,4306^\circ$ sedangkan partikel Mo terlihat pada $2\theta = 39,1276^\circ$. Gambar 4.4e menunjukkan pola difraktogram dari katalis ZnMoZeol102 dimana terlihat *peak* difraksi dengan intensitas kecil dari partikel Zn terdeteksi pada $2\theta = 36,9424^\circ$ dan ZnO terdeteksi pada $2\theta = 34,3767^\circ$, sementara *peak* difraksi dari partikel MoO_2 terlihat pada $2\theta = 37,2858^\circ$ sedangkan partikel Mo terlihat pada $2\theta = 41,3736^\circ$. Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa logam Zn dan Mo terdistribusi lebih baik pada variabel 10% daripada 5% pada *support* HZSM-5. Hal ini menunjukkan bahwa nantinya yang akan menjadi aktif area pada proses *hidrocracking* adalah logam Zn dan Mo, namun dari hasil analisa juga menunjukkan bahwa katalis juga masih mengandung senyawa-senyawa oksida seperti ZnO dan MoO_2 .

IV.3 Analisa Produk *Biofuel*

Analisa komposisi produk *biofuel* yang telah didapat dari proses *catalytic hydrocracking* dilakukan dengan metode *Gas Chromatography Mass Spectrofotometer* (GC-MS). Ada 3 kelompok utama yang dibagi berdasarkan jumlah atom C didalam produk cair *biofuel* yaitu *gasoline* (C5-C9), *kerosene* (C10-C13) dan *gas oil* (C14-C22). Gambar 4.4 menunjukkan salah satu hasil analisa *Gas Chromatography Mass Spectrofotometer* (GC-MS) dengan katalis ZnMoZeol51 pada suhu 400°C selama 2 jam.



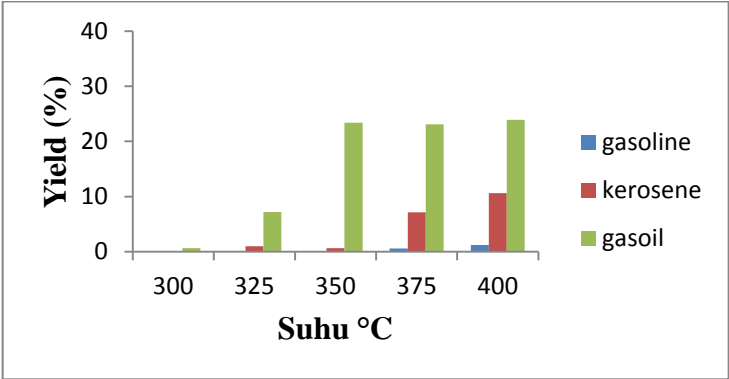
Gambar 4.4 Spektre GC-MS *biofuel* pada $T=400^{\circ}\text{C}$ dibawah kondisi tekanan 20 atm, waktu reaksi 2 jam dengan katalis ZnMoZeol51

Dari Gambar 4.4 menunjukkan kromatogram komposisi *biofuel* pada 400°C dengan katalis ZnMoZeol51 dimana senyawa pentadekana (C_{15}) dan heptadekana (C_{17}) muncul sebagai senyawa yang mendominasi. Produk *biofuel* ini masih mengandung senyawa yang mengandung oksigen (keton, aldehyd, alkohol) dan asam karboksilat.

IV.3.1 Pengaruh Suhu terhadap *Yield Biofuel*

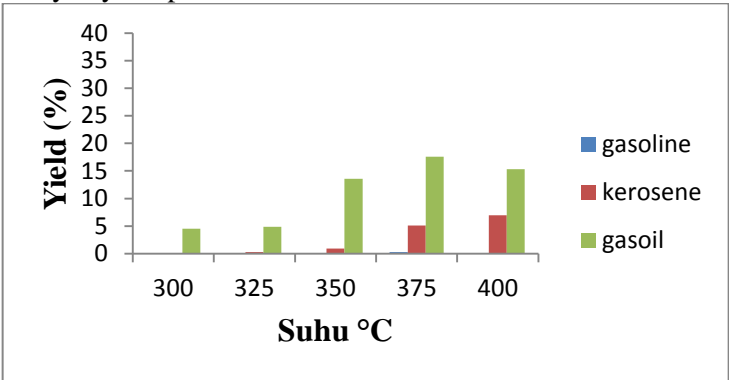
Dari berbagai variabel perbandingan massa logam, variasi persentase loading logam terhadap katalis total dan suhu, kombinasi sifat katalis terbaik akan ditentukan dari besar *yield* yang diperoleh untuk memproduksi *biofuel* dari minyak biji kapuk randu. Parameter yang diukur adalah *yield biofuel* dalam % dengan menggunakan asumsi %area senyawa yang didapatkan

dari uji analisa GC-MS ekivalen dengan %berat senyawa tersebut. Berikut adalah grafik *yield biofuel* terhadap suhu untuk setiap variabel perbandingan rasio Zn-Mo dan % loading logam Zn-Mo terhadap massa katalis total yang diperoleh dari analisa GC-MS.



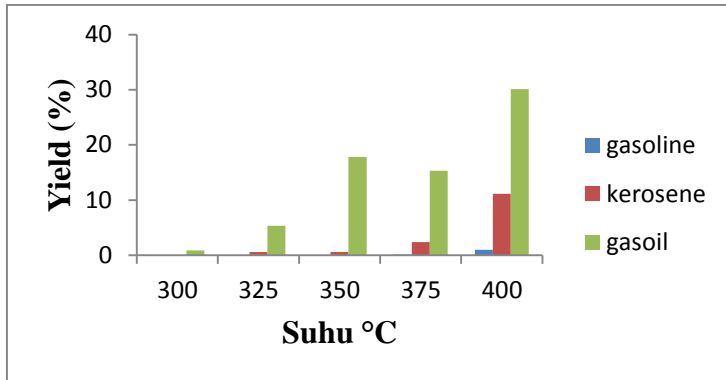
Gambar 4.5 Grafik *yield biofuel* terhadap suhu *catalytic hydrocracking* untuk katalis ZnMoZeol51

Gambar 4.5 menunjukkan produk *gas oil* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 23,895% pada suhu *hydrocracking* 400°C. Produk *kerosene* dan *gasoline* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 10,620% dan 1,237% pada suhu 400°C. Pada variabel katalis ini, suhu optimum untuk menghasilkan *biofuel* terbanyak yaitu pada suhu 400°C.



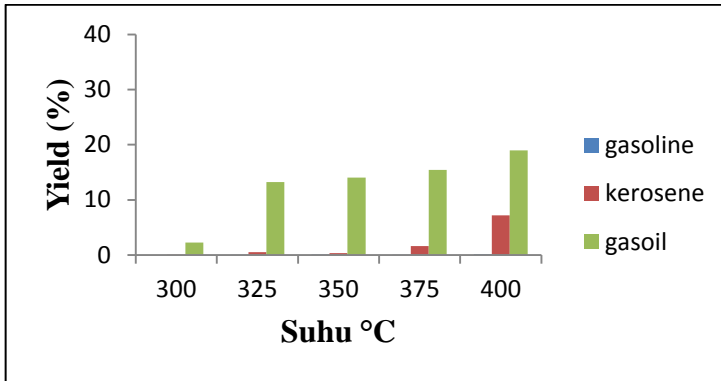
Gambar 4.6 Grafik *yield biofuel* terhadap suhu *catalytic hydrocracking* untuk katalis ZnMoZeol52

Gambar 4.6 menunjukkan produk *gas oil* dan *gasoline* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 17,583% dan 0,304% pada suhu *hydrocracking* 375°C. Produk *kerosene* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 6,944% pada suhu 400°C. Pada variabel katalis ini, suhu optimum untuk menghasilkan *biofuel* terbanyak yaitu pada suhu 375°C.



Gambar 4.7 Grafik *yield biofuel* terhadap suhu *catalytic hydrocracking* untuk katalis ZnMoZeol101

Gambar 4.7 menunjukkan produk *gas oil* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 30,138% pada suhu *hydrocracking* 400°C. Produk *kerosene* dan *gasoline* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 11,124% dan 1,007% pada suhu 400°C. Pada variabel katalis ini, suhu optimum untuk menghasilkan *biofuel* terbanyak yaitu pada suhu 400°C.



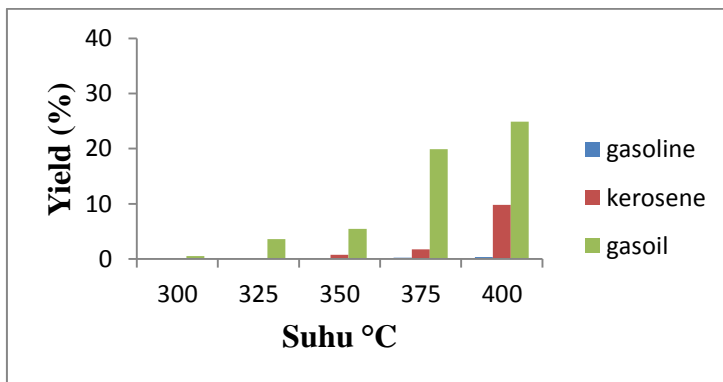
Gambar 4.8 Grafik *yield biofuel* terhadap suhu *catalytic hydrocracking* untuk katalis ZnMoZeol102

Gambar 4.8 menunjukkan produk *gas oil* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 18,992% pada suhu *hydrocracking* 400°C. Produk *kerosene* dan *gasoline* dengan persentase *yield* terbesar yaitu 7,172% dan 0,150% pada suhu 400°C. Pada variabel katalis ini, suhu optimum untuk menghasilkan *biofuel* terbanyak yaitu pada suhu 400°C.

Dari keempat variabel katalis dapat terlihat bahwa kenaikan nilai *yield gas oil* terjadi seiring naiknya suhu proses *catalytic hydrocracking*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya ikatan asam trigliserida yang tidak mengalami proses perengkahan (*cracking*) sehingga banyak ikatan rangkap (tak jenuh) yang terbentuk di akhir proses *catalytic hydrocracking*. Proses perengkahan sangat dipengaruhi oleh suhu reaksi *catalytic hydrocracking* dan kadar logam yang berada dalam katalis. Suhu proses *catalytic hydrocracking* sangat berpengaruh karena semakin tinggi suhu proses maka sangat penting untuk bertambahnya aktifitas perengkahan. (Rogelio et al, 2010)

Gas oil sudah terbentuk dari perengkahan rantai panjang dari asam lemak minyak biji kapuk randu dari reaksi dekarboksilasi. Tetapi dengan naiknya suhu *catalytic hydrocracking*, *kerosene* mulai terbentuk. Hal ini disebabkan karena *gas oil* baru dapat terengkah menjadi *gasoline* dan *kerosene* pada suhu 350°C dan suhu 375°C.

Secara keseluruhan berdasarkan analisa GC-MS, hasil percobaan memperlihatkan bahwa komponen senyawa dalam *biofuel* yang dihasilkan melalui dua rute reaksi utama dalam proses transformasi trigliserida dalam minyak biji kapuk randu menjadi hidrokarbon, yaitu hidrodekarbonilasi /dekarboksilasi (HDC) dan hidrodeoksigenasi (HDO). Munculnya senyawa dominan pentadekana (C15) dan heptadekana (C17) menunjukkan HDC lebih mendominasi reaksi *catalytic hydrocracking* trigliserida dalam minyak biji kapuk randu sehingga gas yang dihasilkan mengandung CO dan CO₂.



Gambar 4.9 Grafik *yield biofuel* terhadap suhu *catalytic hydrocracking* untuk katalis HZSM-5

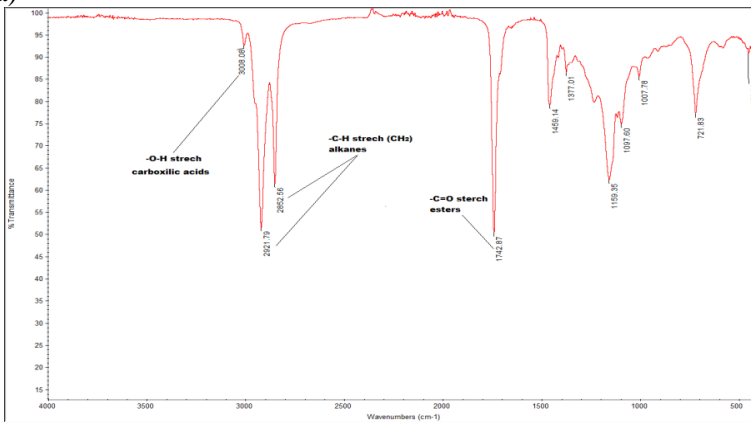
Gambar 4.9 menunjukkan bahwa proses *hydrocracking* menggunakan katalis HZSM-5 juga dapat menghasilkan *gas oil*, *kerosene* dan *gasoline*. Namun pembentukan 3 fraksi tersebut terjadi pada suhu diatas 375°C. Hal ini dikarenakan tidak adanya substansi yang membantu proses penjenuhan pada proses *hydrocracking*. Substansi yang dimaksud disini adalah logam sebagai promotor (*metal site*) yang dapat membantu proses perengkahan ikatan rangkap. Proses penjenuhan ikatan rangkap pada asam trigliserida merupakan proses perengkahan rantai panjang hidrokarbon menjadi rantai yang lebih pendek secara acak. Pada variabel HZSM-5 tanpa logam ini, *gas oil* dapat terbentuk dari reaksi dekarboksilasi optimal pada suhu 325°C dan

terus naik hingga suhu akhir dari proses *hydrocracking* yaitu pada suhu 400°C. Secara teoritis dapat dijelaskan bahwa tanpa adanya sisi promotor (*metal site*) pada katalis menyebabkan proses perengkahan pada gugus rangkap asam trigliserida berjalan lambat. Dimana *metal site* pada katalis berfungsi untuk membantu proses penjenhuan ikatan rangkap.

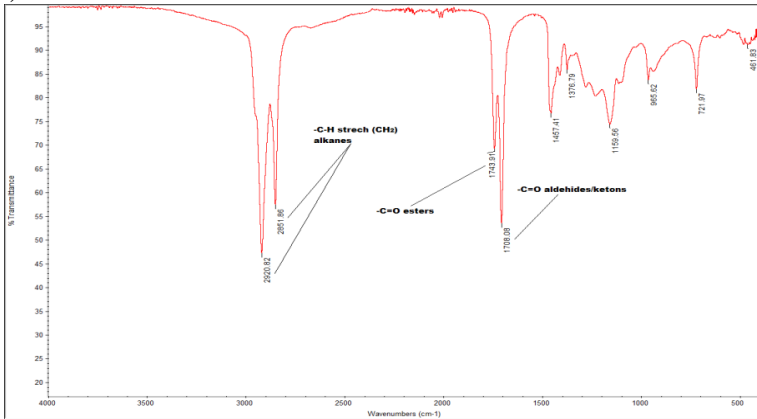
IV.3.2 Analisa FTIR pada Produk *Biofuel*

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmittan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang (Basset, 1994). Salah satu jenis spektroskopi adalah spektroskopi infra merah atau *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Metode FTIR ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karena spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut. Berikut ini merupakan perbandingan hasil analisa FTIR minyak biji kapuk randu, produk *biofuel* hasil *catalytic hydrocracking* selama 2 jam dengan katalis ZnMoZeol51 pada suhu 350°C dan 400°C.

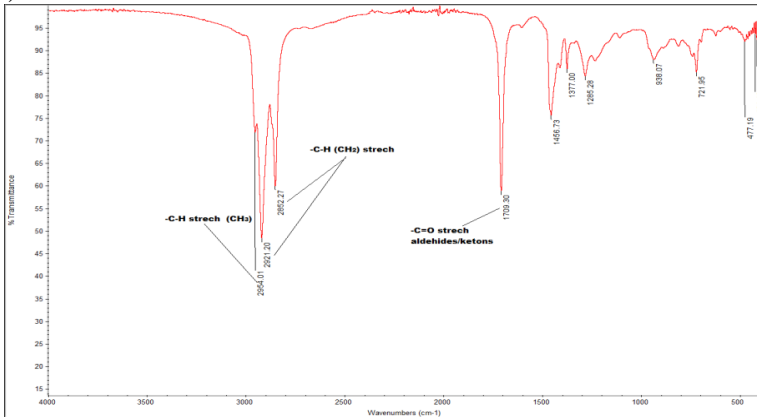
a)



b)



c)



Gambar 4.10 Spektre FTIR a) Minyak biji kapuk randu b) Produk *biofuel* pada 350°C menggunakan katalis ZnMoZeol51 c) Produk *biofuel* pada 400°C menggunakan katalis ZnMoZeol51.

Gambar 4.10 a) menunjukkan spektra FTIR dari minyak biji kapuk randu. Tipe ikatan dari beberapa gugus fungsi dalam minyak biji kapuk randu menunjukkan adanya ikatan dari kelompok asam karboksilat yaitu pada daerah serapan 3008,06

cm^{-1} , alkana jenuh maupun tidak jenuh pada daerah serapan $2921,79 \text{ cm}^{-1}$ dan $2852,56 \text{ cm}^{-1}$ serta ester pada daerah serapan $1742,87 \text{ cm}^{-1}$. Hasil ini sesuai dengan hasil dari analisa GC-MS yang telah dilakukan.

Gambar 4.10 b) menunjukkan spektra FTIR dari produk *biofuel* pada suhu 350°C dengan katalis ZnMoZeol51. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gugus fungsi dari asam karboksilat sudah tidak lagi terdeteksi, sedangkan gugus ester masih terdeteksi pada daerah serapan $1743,91 \text{ cm}^{-1}$ dan aldehid/keton pada $1708,88 \text{ cm}^{-1}$.

Gambar 4.10 c) menunjukkan spektra FTIR dari produk *biofuel* pada suhu 400°C dengan katalis ZnMoZeol52. Pada spektra ini menunjukkan adanya gugus alkil dari ikatan -C-H yang muncul pada daerah serapan $2954,01 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan gugus aldehid/keton masih terdeteksi pada daerah serapan $1709,30$ namun gugus ester sudah tidak lagi terdeteksi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Katalis Zn-Mo/HZSM-5 dapat dipersiapkan dengan baik menggunakan metode incipient wetness impregnation berdasarkan data volume pori support HZSM-5.
2. Surface area katalis terbaik ditunjukkan pada variabel katalis Zn-Mo/HZSM-5 ratio logam 1:1 dengan % loading 10% terhadap berat katalis total yaitu sebesar 253,397 m²/g. Sedangkan hasil analisa XRD juga menunjukkan adanya peak-peak dari logam Zn dan Mo pada variabel katalis ini serta didukung dengan analisa SEM-EDX berupa kadar Zn dan Mo yaitu sebesar 2,67 % dan 7,81 %.
3. Yield gasoline pada proses pembuatan biofuel mencapai nilai sebesar 1,007%, kerosene 11,127% dan gas oil 30,138% dengan menggunakan katalis Zn-Mo/HZSM-5 rasio logam 1:1 kadar 10% terhadap berat katalis total pada suhu reaksi 400°C.
4. Perubahan suhu reaksi menyebabkan yield gas oil semakin berkurang dan yield gasoline serta kerosene semakin bertambah. Yield gasoline rata-rata optimal didapatkan pada suhu 400°C pada semua variabel katalis Zn-Mo/HZSM-5 dengan yield tertinggi sebesar 1,237 %wt dan yield kerosene rata-rata optimal didapatkan pada suhu 400°C pada semua variabel katalis Zn-Mo/HZSM-5 dengan yield tertinggi sebesar 11,127 %wt.

V.2 Saran

1. Perlu memperhatikan tahap demi tahap dalam proses pembuatan atau preparasi katalis, terutama saat melakukan tahap impregnasi logam ke dalam HZSM-5. Hal ini dikarenakan hasil dari analisa masih menunjukkan bahwa logam belum terdistribusi secara sempurna.
2. Perlu diperhatikan pada saat melakukan kalsinasi dan reduksi katalis, terutama dalam hal mengatur fluktuasi laju alir gas H₂, hal ini dikarenakan hasil analisa masih

menunjukkan bahwa logam yang terimpregansi masih mengandung senyawa oksida.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G., (2008), “Hidrolisis Minyak Biji Kapuk Dengan Katalisator Asam Klorida Jurnal Rekayasa Proses”, Yogyakarta: AKPRIND
- Budianto, A., Hariprajitno, Danawati., Budhikarjono, Kusno., (2014), “*Biofuel Production From Candlenut Oil Using Catalytic Cracking Process With Zn/HZSM-5 Catalyst*”, *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* Vol 9, No.11 ISSN 1819-6608.
- Bezergianni, S., Kalogianni, A., (2009), “*Hydrocracking of Used Cooking Oil For Biofuels Production*”, *Bioresource Technology* 100 (2009) 3927-3932.
- Breck, Donald. W., (1974), “Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use”, New York: John Wiley and Sons, Inc
- Cleveland, C Szostak, R., (2011) “*Cracking ; The Encyclopedia of earth*”.
- DESDM., (2005), “Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Endriana, D., (2007), “Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro (Carbera manghas) Hasil Ekstraksi”, Depok: Kimia UI
- Flanigen, E.M., dan Jansen, J.C., (1991), “*Introduction to Zeolite Science and Practise*, Elsevier”, Belanda
- Fogler, H.S, (1999), “*Element of Chemical Reaction Engineering*”, Pearson Education Inc 3th Ed, The University of Michigan: Ann Arbor.
- Gates, B.C., (1992), “*Catalytic Chemistry*”, New york: John Wiley and Sons, Inc
- Haber J, Block J H, Demon B., (1995), “*Manual of Methode and Procedures for Catalyst Characterization*”, Pure & Appl. Chem., Vol. 67, Nos 8/9, pp.1257-1306
- Hambali E, (2007), “Teknologi Bioenergi”, Bogor: PT. Agromedia Pustaka
- Handoyo, R., (2007), “Biodiesel dari Minyak Biji Kapok”, Jurnal Enjiniring Pertanian, Yogyakarta: UGM

- Hao,K., ShenB., Wang, Y., Ren, L, (2012), “*Influence of combined alkaline treatment and Fe-Ti-loading modification on ZSM-5 zeolite and its catalytic performance in light olefin production*”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*
- Hart, H., (1990), “Kimia Organik Suatu Bahan Kuliah Singkat”, Jakarta: Erlangga
- Hikmah, M.N & Zuliyana.,(2010), Pembuatan Metil Ester Dari Minyak Dedak Dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi, Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP
- Holum, John R.,(1994), “*Element of General Organic and Biological Chemistry*”, 8th ed, New York: John Wiley & Sons
- Nasikin., M., Susanto B.H., Hirsaman M.A., Wijanarko A., (2009), “*Biogasoline from Palm Oil by Simultaneous Cracking and hydrogenation reaction over Nimo/zeolite Catalyst*”, *World Applied Sciences Journal (special Issue for Environment)*, 5th ed. Penang: IDOST Publication
- Nurjannah, Irmawati, Roesyadi, A, Danawati (2009a) “Perengkahan Katalitik Minyak Sawit untuk Menghasilkan Biofuel” Prosiding Seminar Nasional *Waste Based Energy And Chemicals, Department of Chemical Engineering, Industrial Technology Faculty UPN “VETERAN EAST JAVA”*
- Nurjannah, Irmawati, Roesyadi, A, Danawati (2009b) “Perengkahan Katalitik Minyak Sawit Menjadi Biofuel Menggunakan Katalis HZSM-5 dengan Impregnasi Logam” Prosiding Seminar Nasional *Thermofluid*, Universitas Gajah Mada Yogyakarta,2009
- Prasad, Y.S. dan Bakhshi, N.N, (1985), “*Effect of Pretreatment of HZSM-5 Catalyst on its Performance in Canola Oil Upgrading*”, *Applied Catalysis*. 18(1):71-85
- Prihandana, Rama., (2006), “Menghasilkan Biodiesel Murah”, Jakarta: Agro Media Pustaka,
- Rasyid, Rismawati., Prihartantyo, A., Mahfud, M., Roesyadi, A., (2015) “ *Hydrocracking of Calophyllum Oil with Non-*

- Sulfide CoMo Catalyst*". *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalyst*, 10 (1), 2015,61-69
- Rengga, W.D.P., Handayani, P.A., Kadarwati, S., Feinnudin, A.(2015). "*Kinetic Study on Catalytic Cracking of Rubber Seed (Hevea brasiliensis) Oil to Liquid Fuels*", *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*,
- Rismawati., Roesyadi, A, Adrianto., Mahfud, M., (2015), "*Hydrocracking of Calophyllum inophyllum Oil with Non-Sulfide CoMo Catalysts*"
- Roesyadi, A., Hariprajitno, Danawati., Nurjannah., Savitri, S. D., (2012)."*The Catalyst Selectivity to Cracking Product of Palm Oil*". *Proceeding of International on Chemical and Material Engineering 2012* ISBN : 978-602-097-281-7.
- Sandstede G dan Lehman T., (2014), "*Catalyst With Supplement Component for Hydroprocessing of Bio-feedstock*", Pub. No. US 20140058182 A1, Pub date : Feb. 27, 2014.
- Sartipi, S., Parashar, K., valero-Romero, M. J., Santos, V.P., Bart van der Linden, Makkee, M., Kapteijin, F., gascon, J, (2013), "*Hierarchical HZSM-5 supported cobalt for direct synthesis of gasoline range hydrocarbon from syngas: Advantages, limitation, and mechanistic insight*". *Journal of Catalyst*.
- Smith, JM. (1992). *Chemical Engineering Kinetics*. second edition. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Solomon., (1992), "*Organic Chemistry*", 5th ed, John Wiley & Sons, New York
- Togar, Y.M, (2012), "Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/Zeolit Klipnotilolit Aktif untuk Meningkatkan Bilangan Oktana pada Gasolin, Depok: UI
- Winarno, F. G, (1992), "*Kimia Pangan dan Gizi*", Jakarta: Gramedia
- Yuniwati, M., (2012), "Produksi Minyak Biji Kapuk Dalam Usaha Pemanfaatan Biji Kapuk Sebagai Sumber Minyak Nabati", Yogyakarta: Jurnal Teknologi Technoscientia AKPRIND

- Yunizurwan, (2007), “Analisis Potensi dan Peluang Ekonomi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jathopa Curcas L*) sebagai Bahan Bakar Alternatif
- Vogel., (1985), “Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Edisi Kelima Bagian I”, PT Kalman Pustaka: Jakarta

APPENDIKS A

PERHITUNGAN PEMBUATAN

KATALIS Zn-Mo/HZSM-5

Perhitungan pembuatan katalis Zn-Mo/HZSM-5

⇒ Variabel 5% *loading* dengan perbandingan Zn-Mo = 1:1

Katalis total = 6 gram

Loading logam = 5% wt

Ratio Zn-Mo = 1:1

Berat logam = $0,05 \times 6 \text{ gram} = 0,3 \text{ gram}$

Berat HZSM-5 = $6 \text{ gram} - 0,3 \text{ gram} = 5,7 \text{ gram}$

Berat logam Zn = $\frac{1}{2} \times 0,3 \text{ gram} = 0,15 \text{ gram}$

Berat logam Mo = $\frac{1}{2} \times 0,3 \text{ gram} = 0,15 \text{ gram}$

BM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1187,58 \text{ g/mol}$

Ar Mo = 95,94 g/mol

BM $\text{N}_2\text{O}_6\text{Zn} \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 297,40 \text{ g/mol}$

Ar Zn = 65,4 g/mol

Berat $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (98%) = $\frac{1}{0,98} \times \frac{1187,58}{95,94} \times 0,15$
gram = 1,8946 gram

Berat $\text{N}_2\text{O}_6\text{Zn} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (98%) = $\frac{1}{0,98} \times \frac{297,4}{65,4} \times 0,15 \text{ gram} =$
0,6960 gram

⇒ Karena metode impregnasi yang digunakan adalah incipient wetness impregnation maka volume larutan logam = volume pori HZSM-5 sehingga perlu dilakukan perhitungan larutan logam sebagai berikut

Volume pori rata-rata HZSM-5 = $0,2712 \text{ cm}^3/\text{g}$

Volume larutan logam

= berat HZSM-5 x Volume pori rata-rata HZSM-5

= $5,7 \text{ gram} \times 0,2712 \text{ cm}^3/\text{g}$

= $1,5458 \text{ cm}^3$

APPENDIKS B

PERHITUNGAN YIELD

Perhitungan berat minyak akhir setelah proses perengkahan dengan katalis Zn-Mo/HZSM-5

⇒ Variabel 5% *loading* dengan perbandingan Zn-Mo = 1:1 pada suhu 300°C

Volume minyak biji kapuk randu = 200 mL

Densitas minyak biji kapuk randu = 0,917 g/cm³

Berat minyak mula-mula = 0,917 g/cm³ x 200 mL = 183,400 gram

Berat botol kosong = 188,777 gram

Berat botol kosong + produk = 368,619 gram

Berat produk cair = 179,842 gram

Tabel B.1 Hasil perhitungan berat pembentukan produk cair (gram/menit) dengan katalis Zn-Mo/HZSM-5

Variabel	Suhu (°C)	Berat botol kosong (gram)	Berat botol kosong + produk	Produk
5% 1:1	300	188,777	368,619	179,842
	325	188,777	366,495	177,718
	350	188,777	335,091	146,314
	375	188,777	333,096	144,319
	400	188,777	325,397	136,620
5% 1:2	300	188,777	367,580	178,803
	325	188,777	343,786	155,009
	350	188,777	340,789	152,012
	375	188,777	339,255	150,478
	400	188,777	331,123	142,346
10%	300	188,777	369,425	180,648
	325	188,777	364,990	176,213

1:1	350	188,777	358,405	169,628
	375	188,777	338,920	150,143
	400	188,777	317,380	128,603
10 1:2	300	188,777	362,994	174,217
	325	188,777	360,843	172,066
	350	188,777	355,808	167,031
	375	188,777	346,179	157,402
	400	188,777	331,277	142,500

⇒ Perhitungan Yield *Gasoline*, *Kerosene* dan *Gas Oil* dengan Katalis Zn-Mo/HZSM-5

Variabel 5% loading dengan perbandingan Zn-Mo = 1:1 pada suhu 400°C

Kadar *Gasoline* dalam produk biofuel

Hasil analisa GCMS (%G) = 1,660%

Kadar *Kerosene* dalam produk biofuel

Hasil analisa GCMS (%K) = 14,257%

Kadar *Gasoil* dalam produk biofuel

Hasil analisa GCMS (%S) = 32,077%

$$Yield\ Gasoline = \frac{\%G \times P}{M} \times 100\%$$

$$Yield\ Kerosene = \frac{\%K \times P}{M} \times 100\%$$

$$Yield\ Gasoil = \frac{\%S \times P}{M} \times 100\%$$

Dimana :

P = Produk cair setelah 120 menit (gram)

M = Massa umpan berupa minyak biji karet (gram)

$$Yield\ Gasoline = \frac{1,660 \times 136,620}{183,400} \times 100\% = 1,237\%$$

$$Yield\ Kerosene = \frac{14,257 \times 136,620}{183,400} \times 100\% = 10,620\%$$

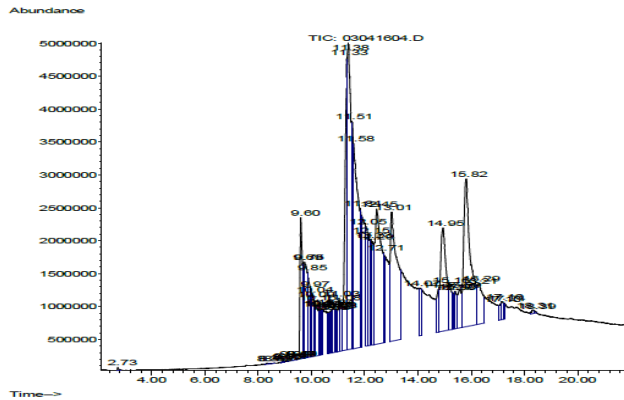
$$Yield\ Gasoil = \frac{32,077 \times 136,620}{183,400} \times 100\% = 23,895\%$$

Tabel B.2 Hasil perhitungan Yield Gasoline, Kerosene, dan Gasoil dengan katalis Zn-Mo/HZSM-5

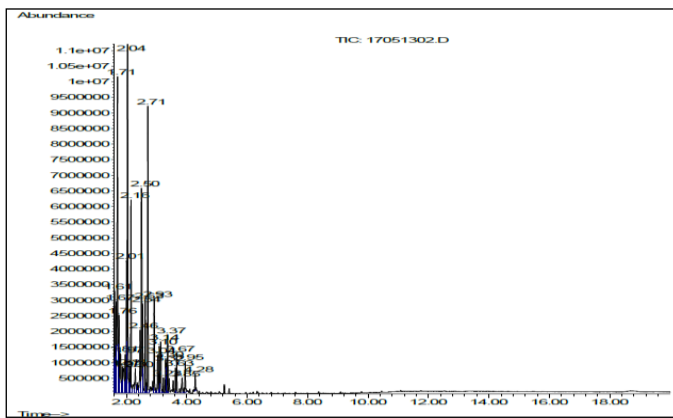
Variabel	suhu	%G	%K	%S	gasoline	kerosene	gasoil
5% 1:1	300	0,087	0,120	0,633	0,085	0,118	0,621
	325	0,073	1,020	7,453	0,071	0,988	7,222
	350	0,087	0,787	29,313	0,069	0,628	23,386
	375	0,720	9,080	29,313	0,567	7,145	23,067
	400	1,660	14,257	32,077	1,237	10,620	23,895
5% 1:2	300	0,027	0,093	4,667	0,026	0,091	4,550
	325	0,017	0,330	5,760	0,014	0,279	4,868
	350	0,033	1,130	16,407	0,028	0,937	13,599
	375	0,370	6,223	21,430	0,304	5,106	17,583
	400	0,000	8,947	19,743	0,000	6,944	15,324
10% 1:1	300	0,010	0,060	0,867	0,010	0,059	0,854
	325	0,053	0,637	5,587	0,051	0,612	5,368
	350	0,000	0,653	19,287	0,000	0,604	17,838
	375	0,130	2,887	18,743	0,106	2,363	15,344
	400	1,437	15,863	42,980	1,007	11,124	30,138
10% 1:2	300	0,000	0,013	2,410	0,000	0,013	2,289
	325	0,040	0,580	14,090	0,038	0,544	13,219
	350	0,163	0,407	15,410	0,149	0,370	14,035
	375	0,070	1,867	18,010	0,060	1,602	15,457
	400	0,193	9,230	24,443	0,150	7,172	18,992

LAMPIRAN HASIL ANALISA

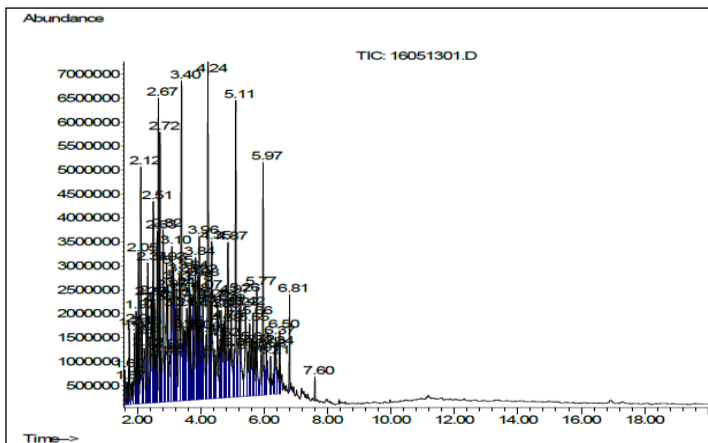
1. Gas Chromatography Mass Spectrophotometry (GCMS)



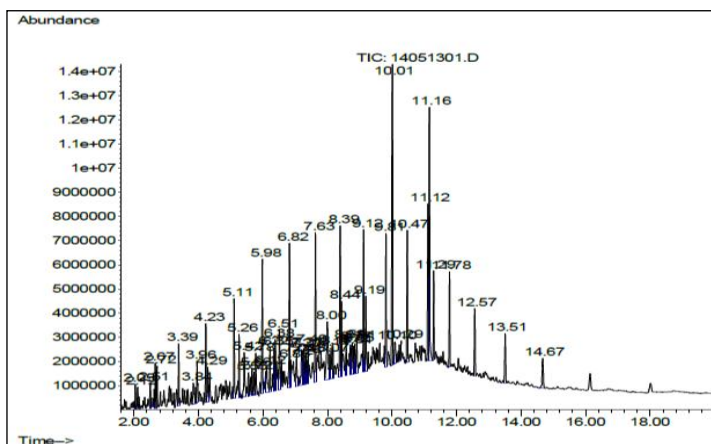
Gambar 1 Hasil Analisa GC-MS Minyak Biji Kapuk Randu



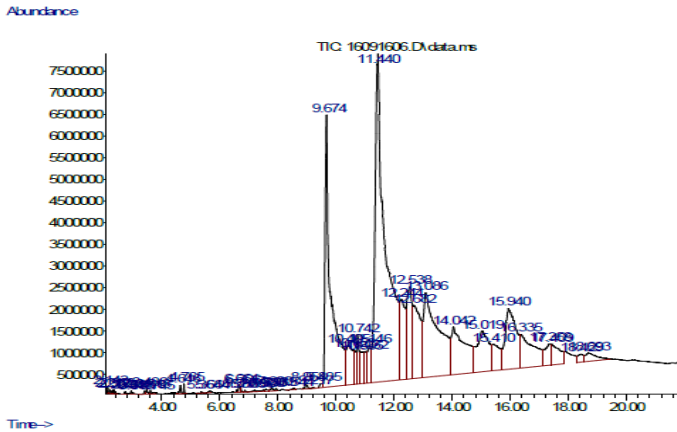
Gambar 2 Hasil Analisa GC-MS Gasoline Komersial



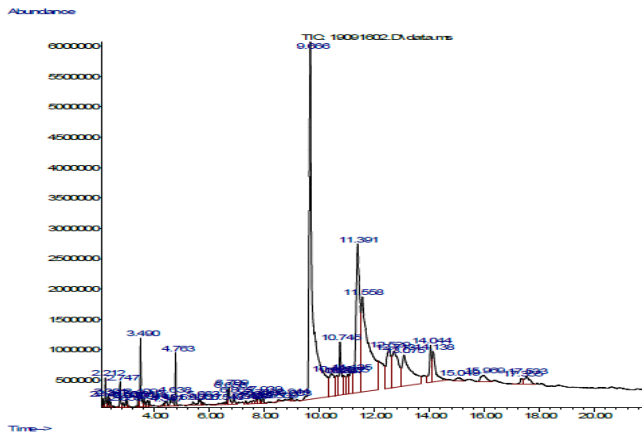
Gambar 3 Hasil Analisa GC-MS Kerosene Komersial



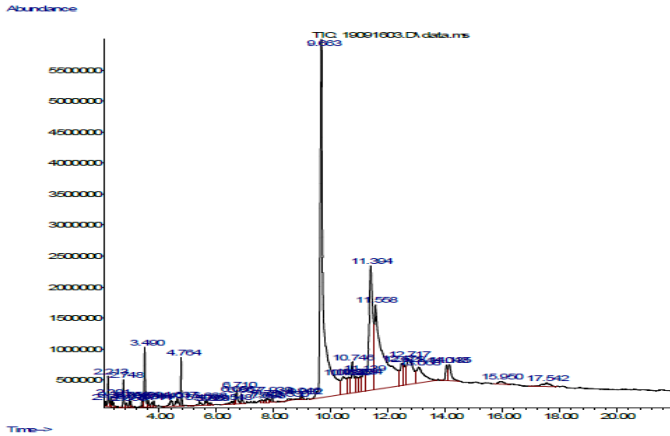
Gambar 4 Hasil Analisa GCMS Gas oil Komersial



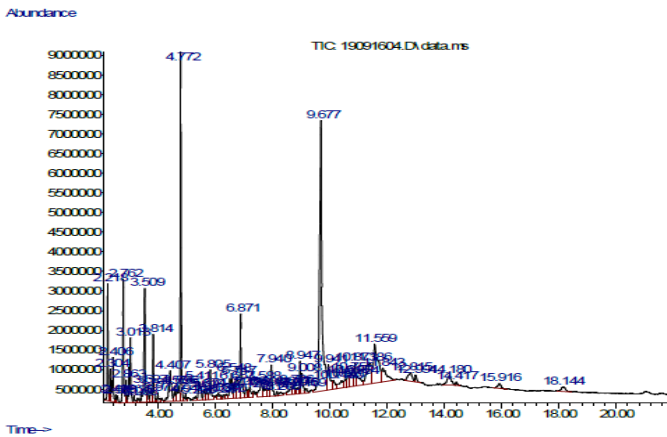
Gambar 5 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% Pada Suhu 300°C



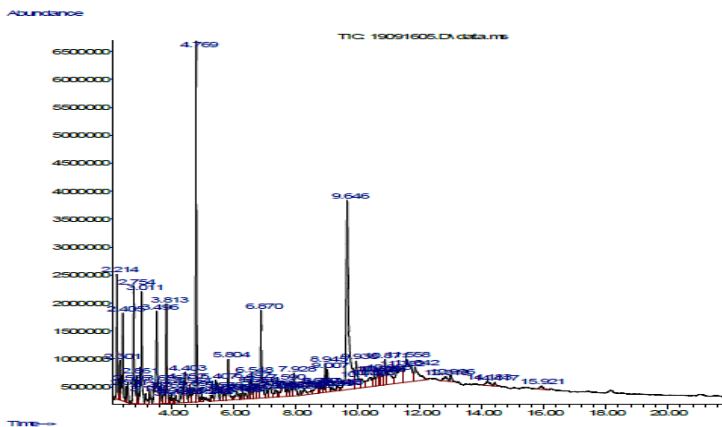
Gambar 6 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% Pada Suhu 325°C



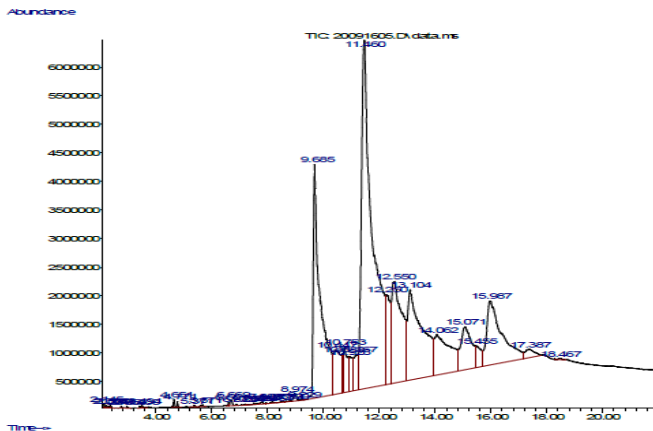
Gambar 7 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% Pada Suhu 350°C



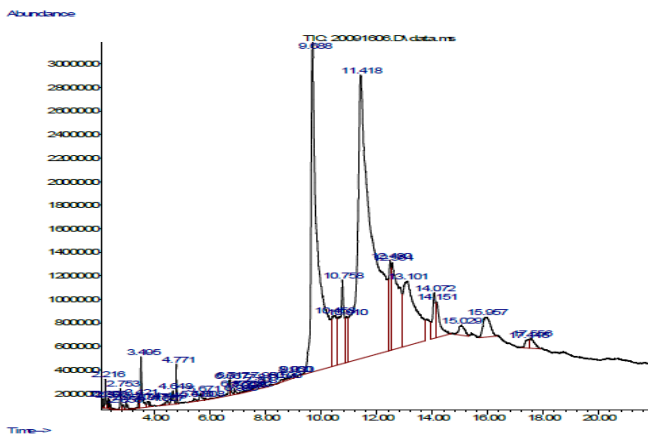
Gambar 8 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% Pada Suhu 375°C



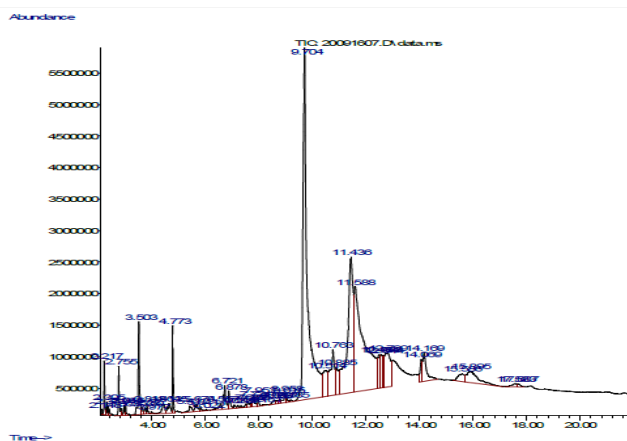
Gambar 9 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% Pada Suhu 400°C



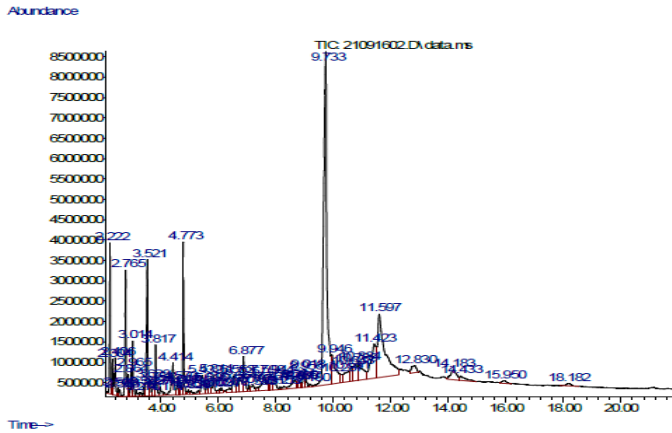
Gambar 10 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5% Pada Suhu 300°C



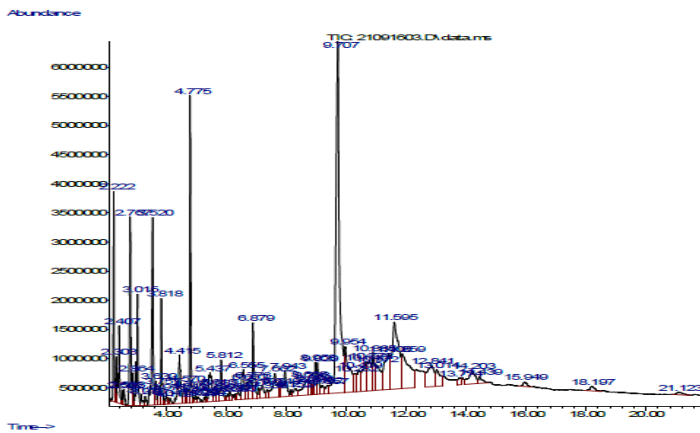
Gambar 11 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5% Pada Suhu 325°C



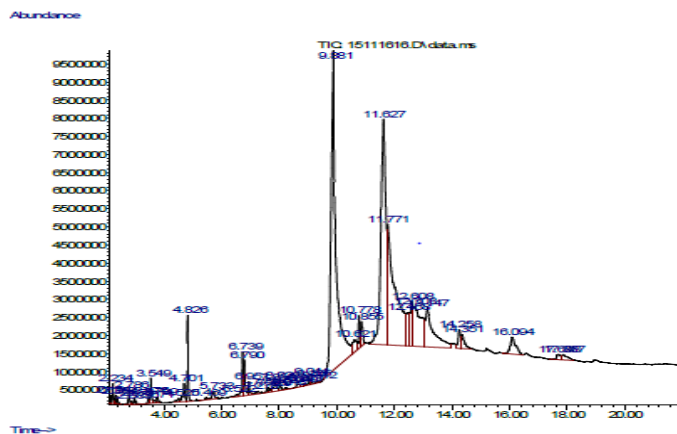
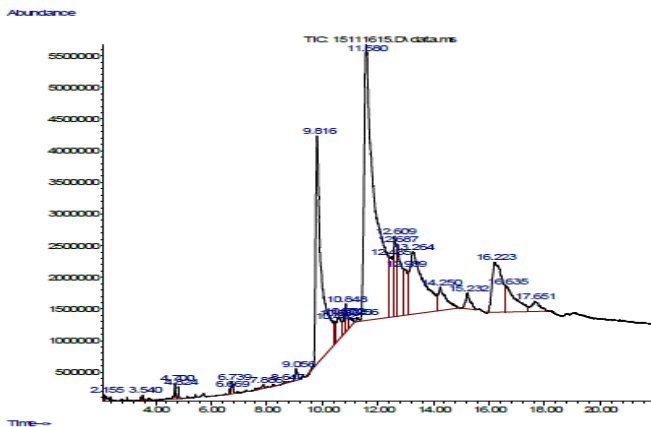
Gambar 12 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5% Pada Suhu 350°C

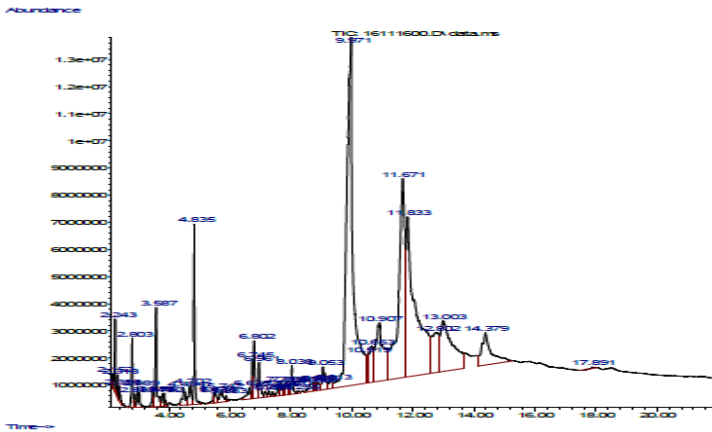


Gambar 13 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5% Pada Suhu 375°C

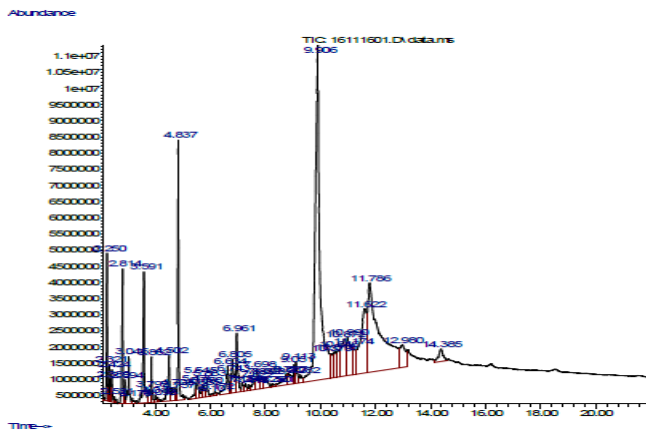


Gambar 14 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5% Pada Suhu 400°C

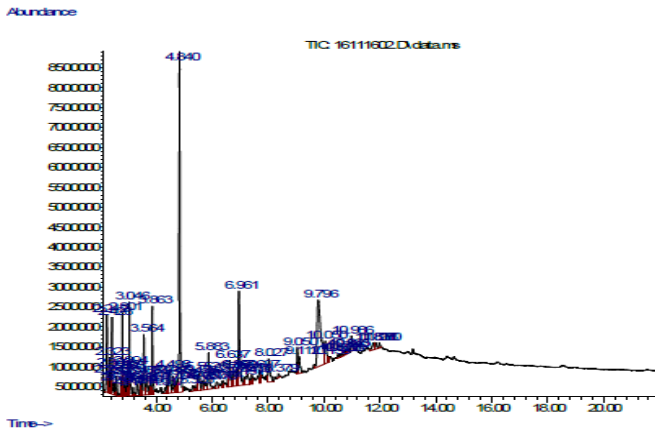




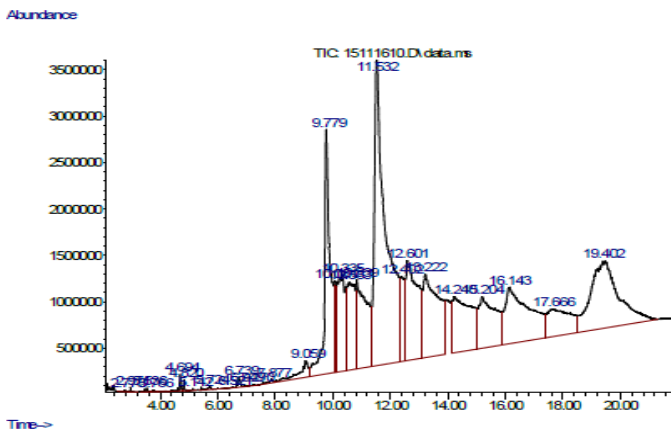
Gambar 17 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10% Pada Suhu 350°C



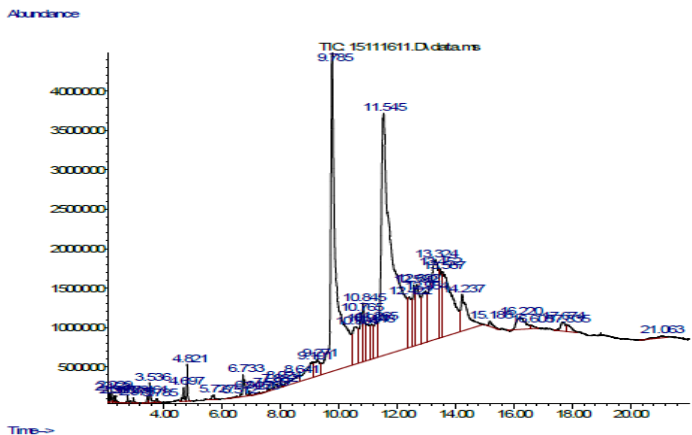
Gambar 18 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10% Suhu 375°C



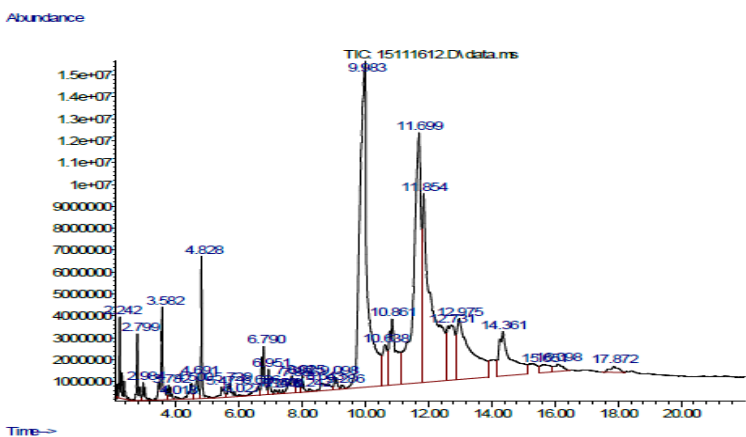
Gambar 19 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10% Pada Suhu 400°C



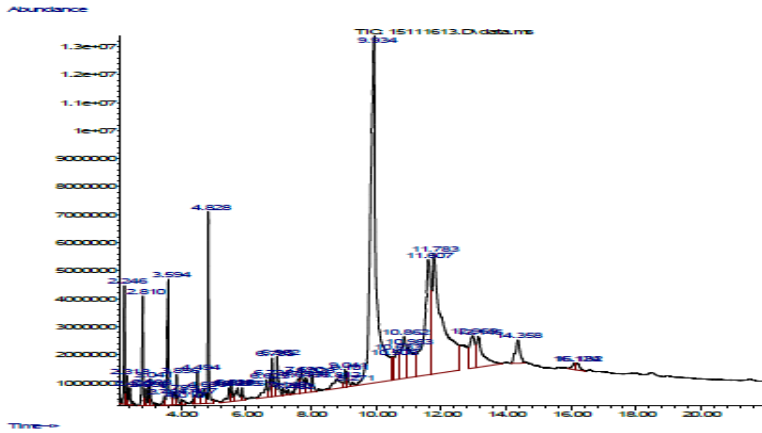
Gambar 20 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 10% Pada Suhu 300°C



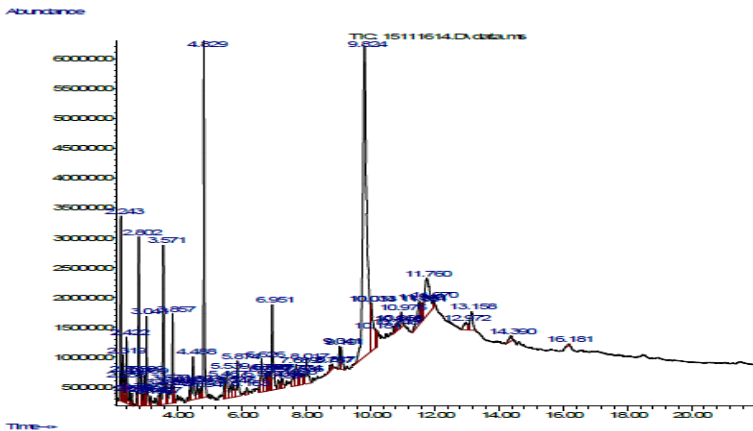
Gambar 21 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 dan 10% Pada Suhu 325°C

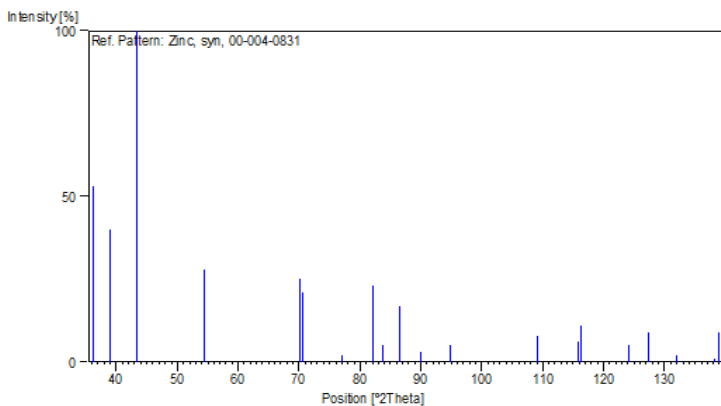


Gambar 22 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 10% Pada Suhu 350°C

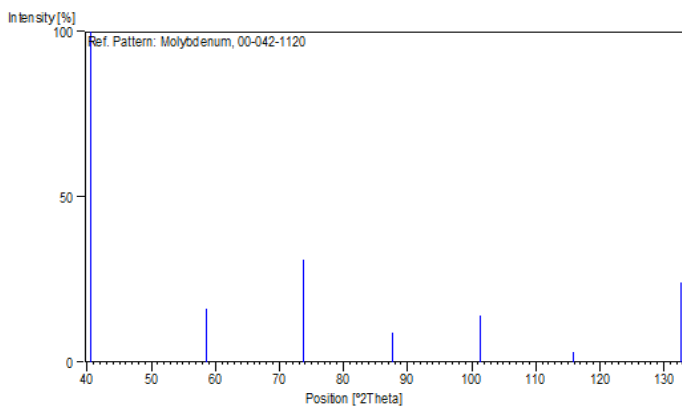


Gambar 23 Hasil Analisa GCMS Produk *Hydrocracking* untuk Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 10% Pada Suhu 375°C

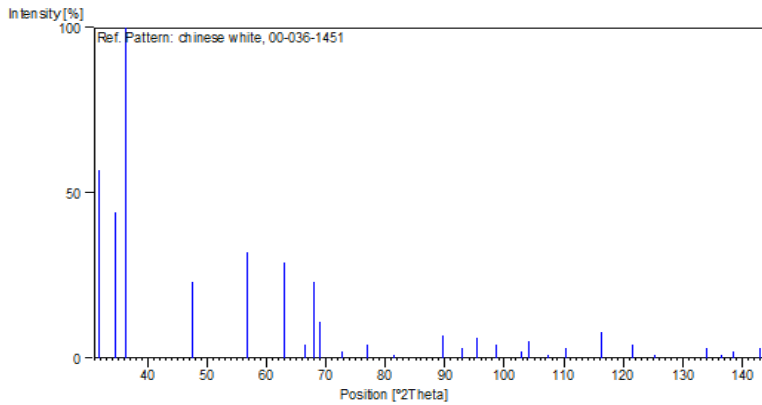




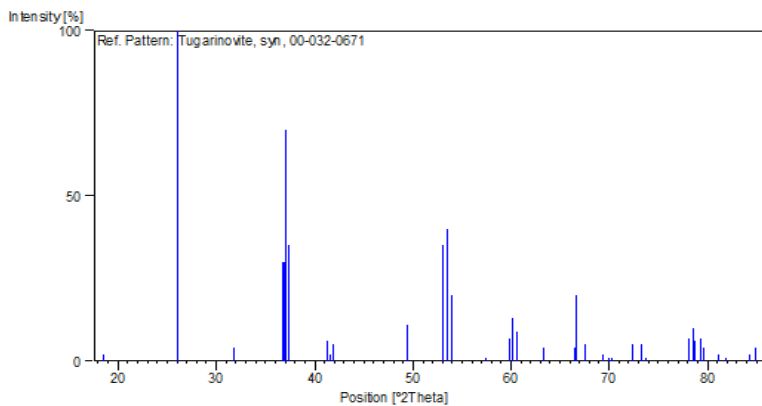
Gambar 25. *Peak* Standar Analisa XRD untuk Zn



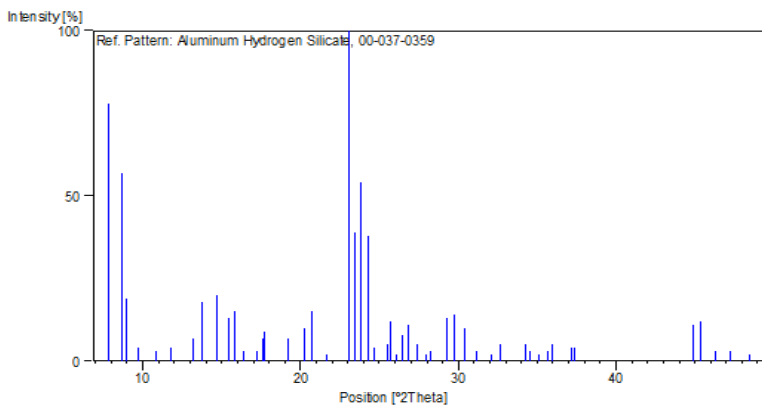
Gambar 26. *Peak* Standar Analisa XRD untuk Mo



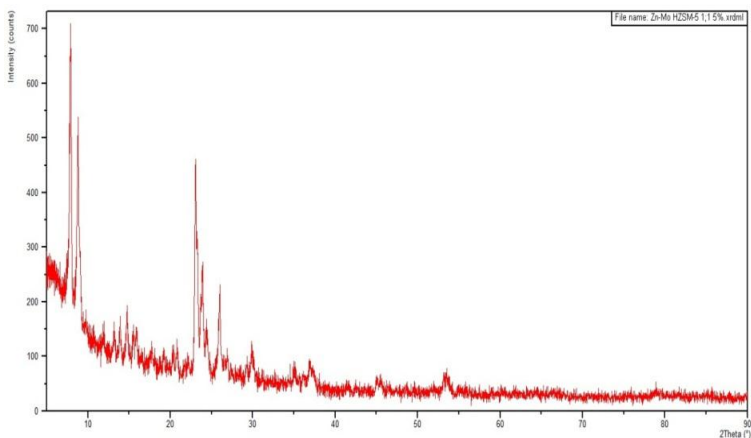
Gambar 27. *Peak Standar Analisa XRD untuk ZnO*



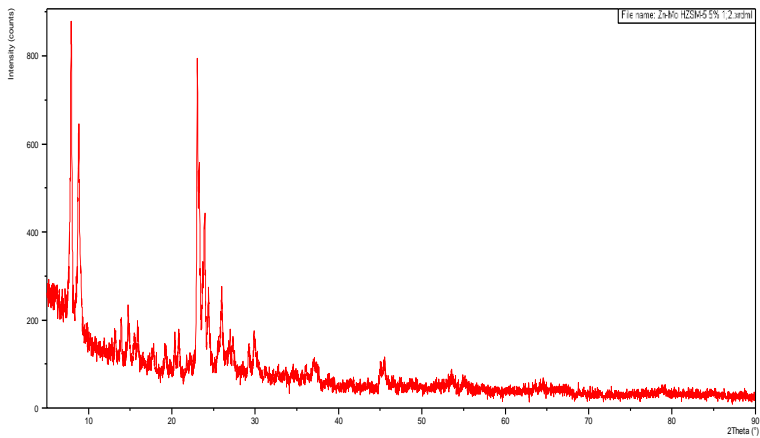
Gambar 28. *Peak Standar Analisa XRD untuk MoO₂*



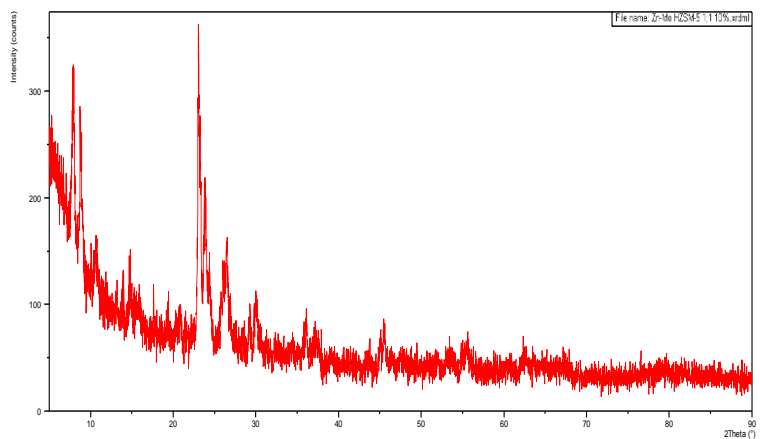
Gambar 29. *Peak Standar Analisa XRD untuk HZSM-5*



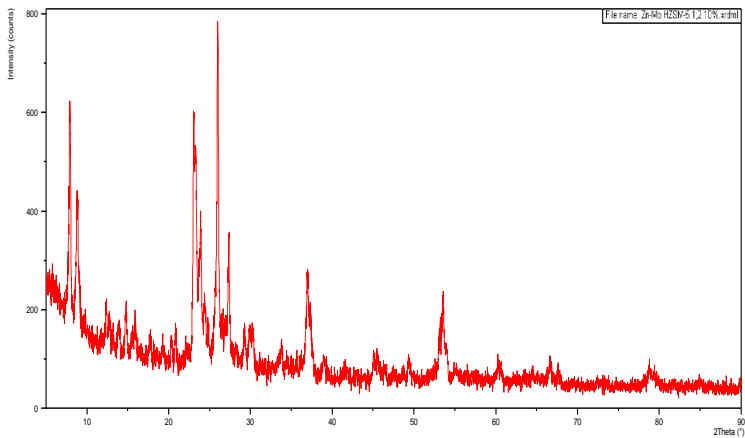
Gambar 30. Defraktogram untuk katalis Zn-Mo/HZSM-5
1:1 5%



Gambar 31. Defraktogram untuk katalis Zn-Mo/HZSM-5
1:2 5%

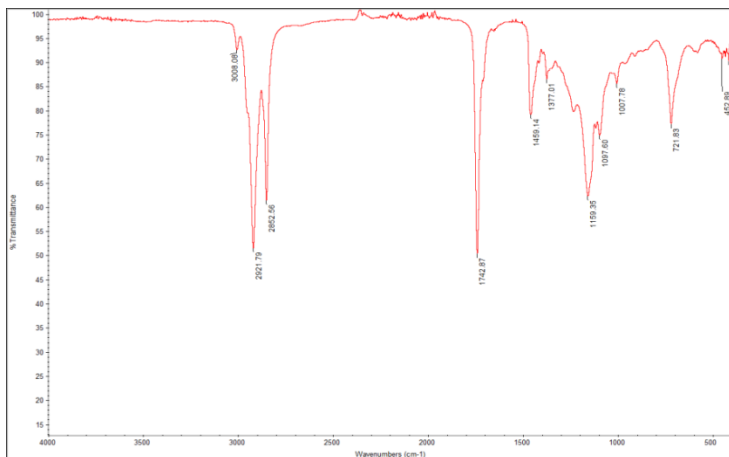


Gambar 32. Defraktogram untuk katalis Zn-Mo/HZSM-5
1:1 10%

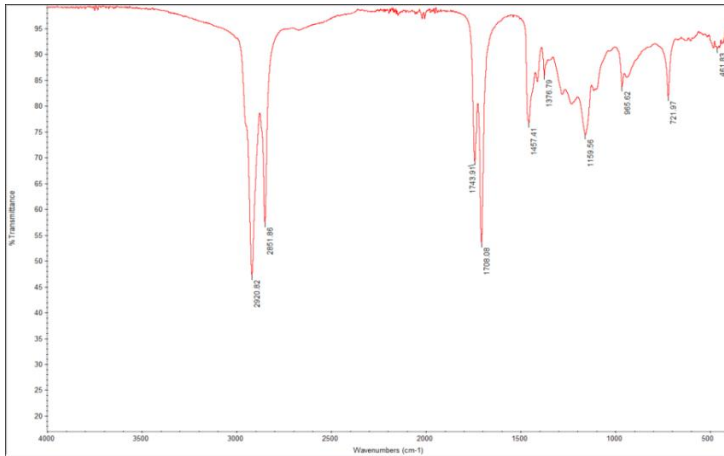


Gambar 33. Defraktogram untuk katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 10%

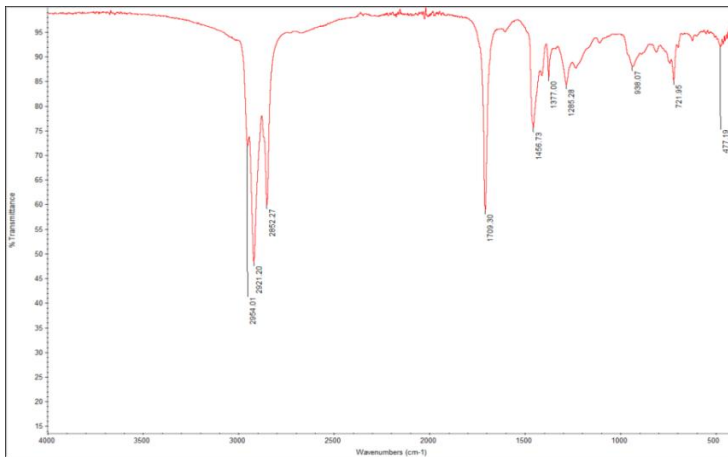
3. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*



Gambar 34. Spektra FTIR Minyak Biji Kapuk Randu

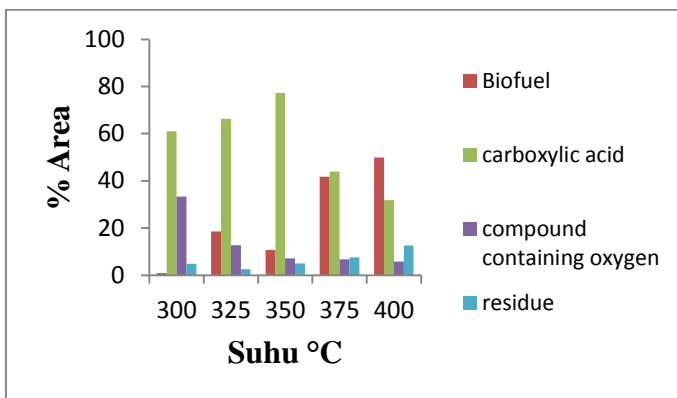


Gambar 35. Spektra FTIR Produk Biofuel Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% T=350°C

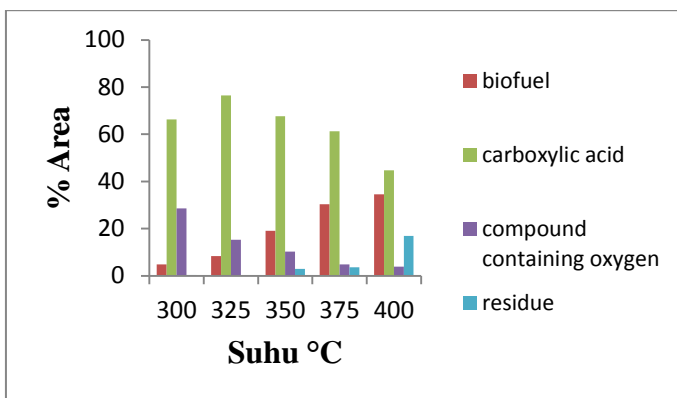


Gambar 36. Spektra FTIR Produk Biofuel Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5% T=400°C

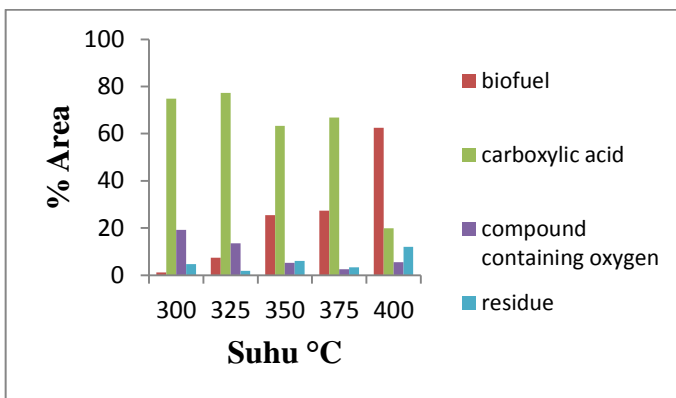
4. Komposisi Minyak Hasil *Hydrocracking*



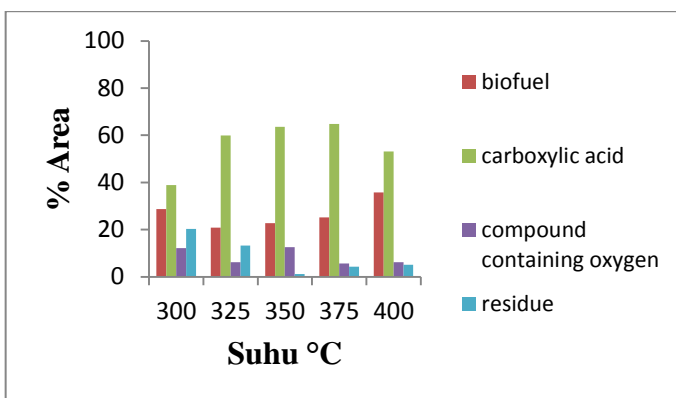
Gambar 37. Komposisi Minyak Hasil Hydrocracking menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 5%



Gambar 38. Komposisi Minyak Hasil Hydrocracking menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 5%



Gambar 39. Komposisi Minyak Hasil Hydrocracking menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:1 10%



Gambar 40. Komposisi Minyak Hasil Hydrocracking menggunakan Katalis Zn-Mo/HZSM-5 1:2 10%

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Varantika Eka Pramesti, namun lebih akrab disapa dengan panggilan Tika. Penulis dilahirkan di Kota Jakarta, 7 Mei 1994 yang sekarang berdomisili di Magetan, dan penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal di TK Tunas Sosiawan II, kemudian SD N Mantren I, kemudian lanjut ke SMP N 2 Karangrejo, dan SMA N 1 Barat. Setelah tamat dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember, lebih tepatnya di Jurusan Teknik Kimia – Fakultas Teknologi Industri angkatan 2012.

Selama perkuliahan, penulis cukup aktif dalam berorganisasi maupun kepanitiaan dalam kampus. Diantara organisasi yang pernah dilakukan penulis adalah sebagai staff LDJ KINI Teknik Kimia-ITS (2013-2014), dan Koordinator Putri Departemen Kaderisasi KINI Teknik Kimia- ITS (2014-2015). Selain berorganisasi, penulis juga mengikuti program Kerja Praktek di PT. Semen Indonesia Tbk pada tahun 2015.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Faishal Razin. Penulis dilahirkan di Dumai, 4 Juni 1993 merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD 1 YKPP Dumai hingga lulus. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMPN Binaan Khusus Dumai, dan SMAN Binaan Khusus Dumai. Setelah lulus SMAN Binaan Khusus Dumai tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri Institut Teknologi

Sepuluh Nopember (ITS) Jurusan S1 Teknik Kimia. Penulis terdaftar dengan NRP 2312100102. Di Jurusan Teknik Kimia ini, Penulis mengerjakan Pra Desain Pabrik dan Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh Institut, Jurusan, Himpunan Mahasiswa S1 Teknik Kimia dan Organisasi Kerohanian Islam. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Pertamina RU-VI di Balongan, Jawa Barat selama 1 bulan penuh.

Email : faisalrazin@yahoo.com

